FACULTAD DE BELLAS ARTES

UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

TESIS DOCTORAL

LA PRODUCCIÓN ARTÍSTICA TRANSDISCIPLINAR DESDE EL CAMPO DE LA BIOLOGÍA Y LA TECNOLOGÍA EN LA SEGUNDA DÉCADA DEL SIGLO XXI

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
PRESENTADA POR

HAMILTON MESTIZO REYES

DIRECTORES

JAIME MUNÁRRIZ ORTIZ,

MARIA PAZ TORNERO LORENZO.

Resumen

Esta tesis presenta un marco teórico derivado de una investigación de autores y referentes cuyos conceptos, metodologías, proyectos y/o maneras de abordar las prácticas artísticas están relacionadas con el uso de las ciencias biológicas y biotecnología como medio artístico. Se retoman proyectos pioneros del siglo XX, y se profundiza con la catalogación de obras artísticas que brindan el estado del arte de este tipo de manifestaciones creativas en la segunda década del siglo XXI. Estos trabajos se presentan dentro de un marco conceptual proveniente de la biología y el arte que permite reunir, comprender y ordenar en temáticas específicas el trabajo de estos artistas. Estas prácticas se desarrollan por medio de la colaboración entre científicos, ingenieros, diseñadores, aficionados, *hackers, makers* y ciudadanos con distintos perfiles y conocimientos quienes establecen metodologías y canales de comunicación que incentivan la investigación y la producción artístico-científica transdisciplinar y colaborativa.

A continuación, se abordan movimientos culturales y ciudadanos asociados al campo investigativo como pueden ser la *Do It Yourself Biology* (DIYbio) [biología hazlo tú mismo], el *Open Science Hardware* (OScH) [hardware científico abierto], el *biohacking,* la ciencia 2.0. y la ciencia ciudadana, lo cuales se han posicionado durante la segunda década del siglo XXI impulsados tanto por el avance tecnológico de la época, como por utilizar metodologías tomadas de la cultura libre. Estas aproximaciones han acercado la investigación a un público general ampliando sus alcances en varios escenarios, propiciando el desarrollo de proyectos en colaboración donde se implementan otras formas de trabajo que enriquecen tanto la creación e investigación artística como la práctica científica. Estas dinámicas han impulsado a nivel mundial estas corrientes que apuestan por el acceso a la biotecnología y al conocimiento

abierto, beneficiándose del desarrollo tecnológico y propiciando prácticas artísticas relacionadas con la biología.

Desde el DIYbio, el laboratorio biológico (biolab) se diversifica, y surgen otros modelos "de garaje" (como fueron llamados los primeros biolabs en sitios fuera del círculo científico tradicional) que se adaptan a varios tipos de lugares, contextos y condiciones. Este modelo se ha expandido a través de espacios como *medialabs, hackspaces, makerspaces, fablabs*, entre otros, asociados al acceso ciudadano a herramientas, espacios de encuentro y conocimientos que empoderan a una comunidad en el uso de técnicas y recursos. En Madrid, el centro cultural Medialab Prado (MLP) fue un referente en temáticas alusivas al uso del laboratorio científico como espacio creativo y de experimentación colectiva y abierta a la participación activa. En varias de las ediciones de su programa anual "Interactivos?" (un evento de relevancia internacional donde se origina un laboratorio transdisciplinar de creación) se ha estudiado e impulsado la investigación y práctica de la biología, el DIYbio, la ciencia ciudadana y el prototipado de biotecnologías de código abierto.

El MLP participó en el programa europeo *Do It Together Science* (DITOs) [haciendo ciencia juntos] desde 2016 a 2019, coordinando una serie de actividades a nivel nacional e internacional incluyendo la implementación de un biolab como parte de la infraestructura del centro cultural. El proyecto, con el nombre de "BioCrea: Espacio Abierto de Biología Creativa", fue coordinado por Chema Blanco y dirigido por el autor de esta tesis doctoral, se ejecutó en varias fases durante 2018 y 2020 y es parte de esta investigación. Durante la ejecución de BioCrea se instaló en MLP un laboratorio físico para uso público y simultáneamente se implementó un programa de actividades. Esto permitió activar una comunidad em torno al proyecto trabajando temáticas relativas a la biología y biotecnología de forma transdisciplinar y congregar a un público diverso bajo metodologías de investigación, contando con la participación de profesores, estudiantes, profesionales, practicantes, aficionados, etc., interesados en ejes temáticos afines, lo cual permitió el surgimiento de

prácticas, metodologías y contenidos propios. Durante este periodo, la investigación práctica se desarrolló por medio de actividades en el centro cultural, generando comunidades dedicadas a la experimentación y producción de proyectos.

Por último, se presentan una serie de productos derivados de la investigación. En ellos, se atiende a la implementación de las herramientas, las tecnologías y los protocolos desarrollados durante el programa BioCrea, para su utilización como instrumentos de pedagogía, investigación y creación. Mediante la colaboración con distintas instituciones científicas y culturales, la investigación atiende a las particularidades y características de cada lugar generando varios resultados. Por causa de las condiciones especiales derivadas de la pandemia del COVID-19 en 2020 y 2021, el plan de investigación tuvo que replantearse y apropiarse al confinamiento y la virtualidad. Esto ofreció un amplio campo de experimentación y creación no previsto inicialmente, para trabajar con otros medios, formatos, metodologías y contenidos adaptados a las condiciones especiales de ese momento, encaminado la investigación desde la práctica, al desarrollo de proyectos, hacia otros procesos creativos y productivos que derivaron en distintos productos artísticos.

Abstract

This thesis presents a theoretical framework derived from an investigation of authors and referents whose concepts, methodologies, projects and / or ways of approaching artistic practices are related to the use of biological sciences and biotechnology as an artistic medium. Pioneering projects of the twentieth century are resumed and deepened with the cataloguing of artistic works that provide the state of the art of this type of creative manifestations in the second decade of the XXI century. These works are presented within a conceptual framework from biology and art that allows to gather, understand and order in specific themes the work of these artists. These practices are developed through collaboration between scientists, engineers, designers, amateurs, hackers, makers and citizens with different profiles and knowledge who establish methodologies and communication channels that encourage research and transdisciplinary and collaborative artistic-scientific production.

Subsequently, cultural and citizen movements associated with the research field are addressed, such as Do It Yourself Biology (DIYbio), Open Science Hardware (OScH), biohacking, science 2.0. and citizen science, which have positioned themselves during the second half of the twenty-first century driven both by the technological progress of the time, and by using methodologies taken from free culture. These approaches have brought research closer to a general public by expanding its scope in various scenarios, promoting the development of collaborative projects where other forms of work are implemented that enrich both artistic creation and research and scientific practice. These dynamics have driven worldwide these currents that are committed to access to biotechnology and open knowledge, benefiting from technological development and promoting artistic practices related to biology.

From DIYbio, the biological laboratory (biolab) diversifies, and other "garage" models emerge (as the first biolabs were called in sites outside the traditional scientific circle) that adapt to various types of places, contexts and conditions. This model has expanded through spaces such as medialabs, hackspaces, makerspaces, fablabs, among others, associated with citizen access to tools, meeting spaces and knowledge that empower a community in the use of techniques and resources. In Madrid, the Cultural Center Medialab Prado (MLP) was a reference in topics alluding to the use of the scientific laboratory as a creative space and collective experimentation and open to active participation. In several of the editions of its annual program "Interactivos?" (an event of international relevance where a transdisciplinary laboratory of creation originates) has been studied and promoted the research and practice of biology, DIYbio, citizen science and the prototyping of open source biotechnologies.

The MLP participated in the European Do It Together Science (DITOs) program from 2016 to 2019, coordinating a series of activities at national and international level including the implementation of a biolab as part of the cultural centre's infrastructure. The project, with the name of "BioCrea: Open Space of Creative Biology", was coordinated by Chema Blanco and directed by the author of this doctoral thesis and was executed in several phases during 2018 to 2020 and is part of this research. During BioCrea, a physical laboratory for public use was installed in MLP and simultaneously a program of activities was implemented. This allowed to activate a community around the project working on topics related to biology and biotechnology in a transdisciplinary way and to bring together a diverse audience under research methodologies, with the participation of teachers, students, professionals, practitioners, amateurs, etc., interested in related thematic axes, which allowed the emergence of practices, methodologies, and own contents. During this period, practical research was developed through activities in the cultural center, generating communities dedicated to experimentation and project production.

Finally, a few products derived from the research are presented. In them, attention is paid to the implementation of the tools, technologies and protocols developed during the BioCrea program, for their use as instruments of pedagogy, research, and creation. Through collaboration with different scientific and cultural institutions, the research attends to the particularities and characteristics of each place generating several results. Due to the special conditions derived from the COVID-19 pandemic in 2020 and 2021, the research plan had to rethink and appropriate lockdown and virtuality. This offered a wide field of experimentation and creation not initially foreseen, to work with other media, formats, methodologies, and contents adapted to the special conditions of that time, aimed at research from practice to the development of projects, towards other creative and productive processes that resulted in different artistic products.

Índice

Resumen **1**

Abstract **4**

Índice **7**

1. Introducción. Presentación de la investigación **11**

Parte I. Pioneros del bioarte y autores de la segunda década del siglo XXI 11
Parte II. Movimientos culturales alrededor de la biología en el siglo XXI 14
Parte III. BioCrea: Espacio Abierto de Biología Creativa 19
Parte IV. Proyectos derivados 22
1.1. Justificación de la temática 24
1.2. Objeto de estudio 26
1.3. Objetivo general 28
1.4. Objetivos específicos 28
1.5. Planteamiento de la investigación 30
1.6. Metodología 32

2. Microsimbióticos **37**

2.1. La biología como medio 39
2.2. Primeras colaboraciones y referencias de bioarte. Siglo XX 43
2.3. Cuerpo-holobionte 62
2.4. El ambiente 74
2.5. Genéticamente modificados 87
2.6. Biomateriales-endosimbiosis 98
2.7. Conclusiones parte I 108

3. Movimiento DIYbio y los (bio)laboratorios ciudadanos **121**

3.1. DIYbio y Hardware científico de código abierto 126
3.2. Ciencia Abierta y ciencia ciudadana 132
3.3. Media Labs: arte, ciencia, tecnología. 137

3.3.1. Laboratorios ciudadanos 140
3.3.2. Medialab Madrid 144
3.3.3. Medialab Prado. 148
3.4. Conclusiones parte II 153

4. Antecedentes del programa BioCrea. 159

4.1. Interactivos? 161
4.1.2. Interactivos?'10: Ciencia de Barrio 167
4.1.3. Interactivos?`16 Mundos Posibles. 169
4.2. Laboratorio de Ciencia Ciudadana (CiCilab) 173
4.3. OpenLab Madrid 176

5. BioCrea: Espacio Abierto de Biología Creativa. 179

5.1. Objetivo general y específicos 180
5.2. Metodología de participación. 182
5.3. El equipo de trabajo 183
5.4. Divulgación 185
5.5. Resultados obtenidos. 188
5.6. Sostenibilidad y continuidad 189

6. Desarrollo de actividades. 191

6.1. Ideación del programa de actividades. 192
6.2. Plan de actividades. 194
6.3. Habilitación del laboratorio. 197
6.4. Encuentros semanales y quincenales con los grupos de trabajo. 201
6.4.1. Instrumentación científica DIY. Grupo de investigación y creación. 202
6.4.2. Microscopio de cartón 203
6.4.3. Microscopio Wifi 206
6.4.4. Incubox 209
6.4.5. Flebocollect 211
6.5. Residencia de la artista Rae Yuping 215
6.6. MICROmacro 219
6.7. Convocatoria pública a proyectos en el fablab. 221
6.8. Encuentro final y muestra de proyectos 223
6.9. Conclusiones parte III 226

7. Proyectos artísticos derivados **233**

7.1. MICROmacro 234

7.1.1. MICROmacro - Real Jardín Botánico 235

7.1.2. MICROmacro - Reset Mar Menor: un paisaje en crisis 237

7.1.3. MICROmacro - Cinemateca de Bogotá 242

7.2. En Un Futuro No Muy Lejano 243

7.2.1. Objetivo general y específicos 245

7.2.2. Metodología 246

7.3. MICROuniversos 254

7.3.1. MICROuniversos Bogotá 262

7.3.2. MICROuniversos Bergen 2020 269

7.3.3. MICROuniversos Madrid 2021 272

7.3.4. MICROuniversos ExpoDoc 2022 277

7.4. Conclusiones parte IV 280

8. Concusiones generales **285**

Bibliografía **289**

1. Introducción. Presentación de la investigación

Esta tesis se estructura en varios momentos de la investigación, agrupados en cuatro partes. En cada una de ellas comprende tanto la investigación teórica de referentes y autores como el trabajo de campo y aplicación práctica, el desarrollo de contenidos y la producción de proyectos artísticos. El eje central está basado en el estudio de manifestaciones artísticas y culturales asociadas a las ciencias de la vida, en las que, en sus procesos creativos, se establecen colaboraciones entre distintas disciplinas y perfiles, que generan dinámicas de trabajo colaborativo y desarrollan proyectos relacionando el arte, la ciencia y la tecnología.

Cada parte está relacionada con las otras a nivel teórico, práctico, temático y conceptual, aunque cada una ahonda en el estudio desde su propia perspectiva con distinta metodologías, objetivos y conclusiones.

Parte I. Pioneros del bioarte y autores de la segunda década del siglo XXI

La primera parte de esta tesis inicia en el capítulo 2 con un marco de referentes (artistas, diseñadores y científicos) que trabajan en el área de la biología y la tecnología y han propiciado una reflexión estética de temas alusivos a la botánica, la microbiología, la ecología, la ingeniería genética y la biotecnología. Se resalta el trabajo de artistas como Jean Tinguely y Robert Rauschenberg quienes, por primera vez a mediados del siglo XX, establecieron colaboraciones con ingenieros y científicos originando reflexiones sobre las posibilidades del

cruce interdisciplinar para el desarrollo de proyectos artísticos con alta tecnología (Miller, 2014). En el campo del bioarte el trabajo de Edward Steinchen a principios del siglo XX es pionero (Tornero et al, 2012, pp 228-229). Se destaca del proceso de Steinchen la rigurosidad científica en el uso de las técnicas de la genética mendeliana, empleando la biología como medio artístico, lo que le permite presentar, en un espacio de exhibición de arte, una obra viva y alterada por la biotecnología (López de Rincón, 2014).

Con el avance de la biotecnología, durante la segunda década del siglo XX, se puede observar el auge de artistas y científicos interesados en establecer colaboraciones, desdibujando los límites disciplinares, generando nuevos canales de comunicación y producción y propiciando el desarrollo de proyectos artísticos con medios biotecnológicos. Artistas como Marta de Menezes, Eduardo Kac, el colectivo *Critical Art ensamble*, Symbiotica, Edward Steichen o Joe Davis (Hauser, 2008; Tornero et al, 2012; Miller, 2014), son ejemplos mundialmente reconocidos de este tipo de prácticas artístico-científicas donde la biología es a la vez el eje vertebrador y el tema central y que pueden ser catalogadas, por tanto, dentro de la corriente artística del bioarte.

El bioarte es un movimiento artístico que involucra a artistas y científicos que trabajan con sistemas vivos, y mezclan medios, técnicas y disciplinas, desarrollando un trabajo con bordes difusos, híbridos, "simbióticos". El bioarte plantea formas heterogéneas de abordar el conocimiento científico y tecnológico bajo una sensibilidad "artística" que pueden suponer implicaciones éticas, estéticas, sociales, culturales, políticas. En lo que Fischer (2009) llamó "sensibilidades biológicas emergentes", los artistas que trabajan con la biotecnología proponen nuevas formas de vivir con (y cuidar) las fuerzas ecológicas emergentes de la biología y la biotecnología, así como forjar modos de representación e intervención que sintetizan el conocimiento en este campo en un contexto estético (Felt at al., 2017, p. 153).

Desde los referentes estudiados en esta tesis, se observa una consolidación creciente del bioarte en la segunda década del siglo XXI; reflejo tanto de los avances tecnológicos significativos y de la investigación en el área de la biología, como también de la nueva conciencia ecológica derivada de problemáticas ambientales. El cambio climático, la contaminación, o la degradación de los ecosistemas, por mencionar algunos, son temáticas en las que el arte, la ciencia y la tecnología confluyen tanto en el estudio de los conceptos, como en los medios empleados.

Los autores investigados se agrupan en cuatro ejes temáticos bajo los siguientes títulos: Cuerpo-holobionte; El ambiente; Modificados genéticamente; Biorecursos-simbiogénesis. Con esta catalogación se presenta el trabajo de bioartistas de varios lugares del mundo como: François-Joseph Lapointe (Canadá), Simon Park (Reino Unido), Anna Dimitriu (Reino Unido), Paul Vanouse (EE. UU.), Dann Roosegaarde (Finlandia), Ken Rinaldo (EE. UU.), Gabriela Munguia (México), Robertina Šebjanič (Slovenia), Vanessa Lorenzo (España), Byron Rich (EE. UU.), Heather Dewey-Hagborg (EE. UU.), Charlotte Jarvis (Reino Unido), Jaime Lobato (México), Suzanne Lee (EE. UU.), Thr34d5 (Francia), Gilberto Esparza (México) y Ana Laura Cantera (Argentina). Estos bioartistas imbrican el arte y el diseño con la investigación en biología y biotecnología; establecen colaboraciones transdisciplinares para imaginar desde nuevas perspectivas su impacto en la sociedad de formas aún inexploradas por los científicos, y realizan una lectura crítica de los adelantos tecnológicos y científicos, extrapolándolos a la sociedad y la cultura, y exponiéndolos al debate público. Todos ellos apropian conceptos y medios de las ciencias de la vida para establecer un marco conceptual donde poder desarrollar sus procesos creativos; llevando a cabo sus prácticas tanto en laboratorios científicos especializados, como en estudios de arte y diseño, en medialabs, *hackerspaces*, laboratorios ciudadanos, centros culturales y sociales; y compartiendo su conocimiento, impartiendo enseñanzas en escuelas de arte, de manera que el bioarte se institucionaliza cada vez en más programas especiales en centros académicos y de investigación. Estos autores usan las herramientas biotecnológicas y técnicas biológicas como medio

artístico, con ellas desarrollan proyectos polémicos, críticos y especulativos que salen a la esfera pública con la intención de generar un debate en torno a la innovación (bio)tecnológica y el uso de sus medios, técnicas y herramientas con un sentido estético.

Parte II. Movimientos culturales alrededor de la biología en el siglo XXI

El tercer capítulo de esta tesis comprende la segunda parte y aborda el estudio de los movimientos socioculturales ligados a la biología y biotecnología que se consolidan en la primera década del siglo XXI de acuerdo con lo que el biólogo Robert Carlson (2005) identificó como "la era de la biología de garaje". Se trata de un momento esencial en el desarrollo del bioarte, que supone un cambio de paradigma tecnológico y de accesibilidad de las técnicas y herramientas a un público más amplio y variado, derivado principalmente del descenso de los precios de los instrumentos científicos, la posibilidad de su fabricación a bajo costo y la simplificación de tareas complejas a partir de protocolos asequibles cada vez más eficientes. Esto ha permitido el acceso a la experimentación científica no solo a los grandes laboratorios, sino a la ciudadanía en general, que ha propiciado el auge de laboratorios "de garaje" y la proliferación de los mismos por todo el mundo como parte del movimiento *biohacker y* DIYbio.

> *"Would-be 'biohackers' around the world are setting up labs in their garages, closets, and kitchens — from professional scientists keeping a side project at home to individuals who have never used a pipette before. They buy used lab equipment online, convert webcams into US$10 microscopes and incubate tubes of genetically engineered Escherichia coli*

> *in their armpits. (It's cheaper than shelling out $100 or more on a 37 °C incubator.) Some share protocols and ideas in open forums"* [Los posibles "*biohackers*" de todo el mundo están instalando laboratorios en sus garajes, armarios y cocinas, desde científicos profesionales que mantienen un proyecto paralelo en casa hasta personas que nunca antes habían usado una pipeta. Compran en línea equipos de laboratorio usados, convierten cámaras web en microscopios de 10 dólares e incuban tubos de *Escherichia coli* transgénica en sus axilas. (Es más barato que desembolsar $100 o más en una incubadora a 37 °C). Algunos comparten protocolos e ideas en foros abiertos.] (Ledford, 2010, p. 650).

Los laboratorios de garaje se han alimentado también del desarrollo de la computación y la internet 2.0, lo que ha permitido y sostenido el crecimiento de una red cada vez más extensa de comunidades conectadas a través del movimiento DIYbio y *biohacker* por todo el mundo, en diferentes escenarios y contextos, incluidos académicos e industriales. Estas comunidades expanden las dinámicas de la cultura DIY y de la cultura libre promoviendo la total disponibilidad de la información científica, puesto que comparten la información de sus investigaciones sin restricciones y no patentan los desarrollos tecnológicos que alcanzan; para que más personas puedan acceder a ellos libremente (Keulartz y Belt, 2016). Con todo ello, se ha generado un efecto "bola de nieve" provocando que movimientos culturales transdisciplinares hayan tomado fuerza y que se haya expandido sus prácticas, que incitan a la investigación y experimentación científica y tecnológica en abierto, es decir, a compartir sin límites el conocimiento.

La DIYbio tiene analogías sustanciales con la historia de la informática doméstica. En sus inicios, la informática en el hogar también era un pasatiempo de nicho en el que los aficionados trabajaban desde sus garajes. Igualmente, la informática doméstica generó una corriente de trabajo de código abierto

para el desarrollo de *software* y uno sólo necesita mirar a proyectos como *Firefox* o Wikipedia para juzgar su éxito. Por analogía, el movimiento de biotecnología de garaje (o DIYbio, biohacking, etc.) —y el movimiento de ciencia abierta en general— abogan por el acceso abierto a revistas y materiales científicos. (Sawyer, 2011).

La ciencia abierta y el avance de la biotecnología prometen tener un impacto social, cultural, económico profundo en lo que resta de siglo XXI, teniendo en cuenta que la DIYbio y el biohacking ya están jugando un papel significativo en la investigación y experimentación actual. La consecuencia de este enfoque es la participación en biología de perfiles cada vez más diversos, que intervienen desde otras miradas y formas de aplicación del conocimiento artístico, científico y tecnológico a proyectos e investigaciones transdisciplinares en las que colabora una red cada vez más extensa de participantes (Meyer, 2014). También el OScH retroalimenta este propósito, apostando desde la ingeniería y la programación a la producción y replicación a bajo costo de instrumentación de laboratorio, que facilita aún más la investigación y experimentación (GOSH, 2017).

Ambos movimientos culturales (DIYbio y OScH) están asociados a las formas de trabajo y ética del movimiento *hacker y maker,* que incentiva la apropiación cultural de la tecnología y la colaboración para generar proyectos y propuestas colectivas abiertas desde la participación y la investigación y creación transdisciplinar. La ciencia abierta establece formas de trabajo semejantes, estimulando la apertura del conocimiento de forma abierta en varios niveles y planteando metodologías de trabajo a partir de redes de colaboración entre científicos y ciudadanos (Vicente-Sanz, 2020). Lo mismo ocurre en el ámbito de la ciencia ciudadana, que involucra a un amplio y diverso grupo de asociaciones científicas, gubernamentales y culturales, grupos de investigación académica y laboratorios ciudadanos, entre otros, estimulando la colaboración entre distintos agentes para desarrollar o participar en proyectos e investigaciones científicas. Como ejemplos de estas prácticas destacan el

proyecto Ibercivis en España, en el que se han realizado una serie de eventos alrededor de la ciencia ciudadana y abierta (Ibercivis, s. f.), o el proyecto *Do-It-Together-Science* (DITOs) [hagamos ciencia juntos] llevado a cabo por la Unión Europea como parte del programa Horizonte 2020 (DITOs, s. f.), el cual financió actividades de ciencia ciudadana y la DIYbio en varios centros culturales, universidades y galerías, incluyendo el centro cultural Medialab Prado en Madrid.

Como consecuencia de lo anterior, la segunda década del siglo XXI conlleva una gran expansión de la red de colaboración de la DIYbio, que ha devenido en el surgimiento de varios espacios alrededor del mundo que desarrollan otras tipologías del "laboratorio biológico" no sólo como un lugar vinculado a la academia o industria al que acceden unos pocos privilegiados y expertos, sino por el contrario como espacios públicos que permiten el uso ciudadano para que cualquier persona pueda realizar sus propias investigaciones y experimentos en el área. Surgen así, lo que podría denominarse como biolabs "de garaje", espacios que recogen de la cultura *maker* y *hacker* las formas de hacer y las metodologías de trabajo, aplicadas al desarrollo de biotecnologías y/o su aplicación para la enseñanza, para el arte y el diseño, para la divulgación científica con resultados muy variados.

A partir del subcapítulo 3.3 se estudia el concepto del "Laboratorio de Medios" o "medialabs" como modelo de espacio de investigación interdisciplinar y transdisciplinar donde converge la ciencia, el arte y la tecnología. Estos laboratorios han sido desarrollados desde mediados de siglo XX por artistas y científicos trabajando colaborativamente, este es el caso del MIT Media Lab, uno de los primeros referentes, puesto en marcha en 1985 (Miller, 2014 p. 99). A partir de este ejemplo, el modelo de medialab se replica en otros lugares, y empieza a mutar y diversificarse incorporando también otros espacios con la misma idiosincrasia de trabajo en red y enfocados en ramas correlacionadas del conocimiento científico, apareciendo los *fablabs, makerspaces, hacklabs,* biolabs*, wetlabs,* laboratorios ciudadanos, etc. Todos

ellos posibilitan laboratorios de investigación, desarrollo y producción con herramientas y equipos especializados a colectivos y ciudadanía común (no especializada), que llevan a cabo proyectos de todo tipo, con metodologías antidisciplinarias, como las definen Du Vall y Majorek (2018), combinando diversos puntos de vista, competencias y habilidades.

Se profundiza, así, en el modelo de laboratorios ciudadanos, entendidos como espacios abiertos para desplegar la capacidad innovadora de la ciudadanía, a partir del encuentro de una gran diversidad de personas con distintos perfiles disciplinares, con el objetivo de desarrollar proyectos en comunidad y producir conocimiento de manera colectiva (Ricaurte y Brussa, 2017). Los laboratorios ciudadanos, con un criterio comunitario y de participación, abren las puertas a un público más amplio y posibilitan la investigación científica, tecnológica y artística fuera de la academia. La aparición de estos espacios está permitiendo que se constituya una red de "comunidades de comunidades" (DIYbiosphere, 2016) interconectadas y activas, mediante la que se comparte la información sobre los desarrollos, proyectos, actividades y encuentros, modelos de organización y gestión de cada uno de sus nodos.

Por lo general, estos espacios trabajan con tecnologías de código abierto, lo cual significa que los proyectos que allí se gestan tienen una mayor facilidad para su desarrollo y réplica, puesto que no solo depende de tecnologías privativas o patentes, sino que se puede retomar, alterar, copiar y continuar su desarrollo en distintas etapas y por diferentes grupos e individuos de manera libre. Los laboratorios ciudadanos ponen a disposición del común distintos tipos de herramientas, instrumentos, laboratorios y espacios para el encuentro a partir de la creación colectiva y transdisciplinar, entrecruzando ideas, conocimientos y saberes al tiempo que se trabaja con un propósito colectivo.

Por último, en esta parte, se estudia el caso particular del centro cultural Medialab Prado en la ciudad de Madrid, desde sus fundamentos teóricos, históricos y actividad, por tratarse de un referente de laboratorio ciudadano de impacto global (especialmente en el contexto iberoamericano). Desde sus inicios en 2002 como Medialab Madrid, la biología ha sido una parte fundamental de su conceptualización y temática de investigación y producción, para aplicarla dentro del eje de la gestión cultural y el encuentro creativo con tecnologías (Caerols, 2018).

El Medialab Madrid comprendía tanto un centro cultural convencional de exhibición y divulgación artística, como un laboratorio de investigación y creación dónde las personas visitantes pasaban de un perfil pasivo como consumidores de arte; a jugar un papel activo y productivo, generando un ecosistema creativo, de producción, reflexión y debate contribuyendo a la institución en una relación de mutuo beneficio (Medialab Madrid, s. f.). El Medialab Madrid y Prado estuvieron presentes en el entramado cultural de la ciudad en las dos primeras décadas del siglo XXI, promovieron el desarrollo de proyectos y prototipos como también el acceso público y abierto de la tecnología y el conocimiento a través de actividades y laboratorios de creación, producción y prototipado (Garcia, 2018b; Medialab Prado, 2020).

Parte III. BioCrea: Espacio Abierto de Biología Creativa

La parte III abarca el capítulo 4, 5 y 6, y comprende la investigación teórico-práctica de esta tesis realizada en el Medialab Prado asociada a la dirección del programa "BioCrea: Espacio Abierto de Biología Creativa" (2018 al 2020). BioCrea, el biolab del MLP, se desarrolló bajo la filosofía de la DIYbio y biohacking habilitando un espacio específico para la experimentación con

biología, biotecnología y biofabricación dentro del edificio de la Antigua Serrería Belga (sede del MLP hasta el año 2021).

A lo largo del capítulo 4 se examinan los antecedentes del programa BioCrea, haciendo un recorrido por las actividades y proyectos desarrollados en MLP previos al biolab en el que se tratan temáticas alusivas a la biología. Se resalta, por su importancia, el laboratorio "interactivos?", un encuentro de creación donde se invitaba a participantes de todo el mundo a desarrollar proyectos colectivos durante varias semanas en el edificio, usando los recursos físicos y humanos del centro y sus colaboradores en la ciudad. Durante Interactivos? los asistentes trabajaban alrededor de una temática, para desarrollar de forma colectiva prototipos tecnológicos relacionados con ella (Medialab Madrid, 2006). En varios interactivos? se estudiaron conceptos relacionados con la ciencia de garaje, el biohacking, la biofabricación, el bioarte y el diseño, llegándose incluso a habilitar temporalmente un biolab, pero sin que este se implantara de manera permanente en la actividad del centro. (Medialab Prado, 2009; 2010a; 2010b; 2016a).

En el 2016 se realizó el laboratorio "interactivos?´16: Mundos Posibles", donde varios equipos desarrollaron proyectos bajo prácticas de la DIYbio, en el MLP se planteó la necesidad de contar con un biolab comunitario permanente para dar cabida en la programación habitual del centro cultural a los proyectos y actividades latentes alrededor de estas temáticas. A partir de ese momento se constituyó en MLP el colectivo OpenLab Madrid, que serían los impulsores del movimiento DIYbio en la ciudad, a través de talleres para el prototipado y desarrollo de instrumentación científica de código abierto y a través, asimismo, del diseño de un biolab comunitario para la ciudad (OpenLab Madrid, 2017). Todo ello es el germen del proyecto "BioCrea: Espacio Abierto de Biología Creativa" que se empezó a gestar en el Laboratorio de Ciencia Ciudadana del MLP, como un programa cultural dedicado a la exploración con biología. Como reflexión inicial de este proyecto, se tomó como referencia temporal y conceptual el cambio de era geológica recientemente acordado por la

comunidad científica, asumiendo la entrada en la era del "Antropoceno" como un momento histórico, complejo e inestable, donde se hacen patentes las consecuencias e impactos de la actividad humana sobre el planeta, aceleradas principalmente en los últimos 200 años. La contaminación ambiental, el consumo excesivo de los recursos naturales y la sobrepoblación, entre otras circunstancias, tienen consecuencias que están causando o pueden llegar a generar desastres ambientales y sociales. En este contexto, el programa BioCrea puso en práctica metodologías del DIYbio y la ciencia ciudadana con el fin de crear herramientas investigativas y pedagógicas que abordaron el papel de la biología en la vida cotidiana en la era del Antropoceno.

Una vez constituido el BioCrea, su actividad se basó en dos líneas de trabajo: la primera, relacionada con el acoplamiento de un laboratorio de biología en el espacio físico del edificio, teniendo en cuenta las herramientas específicas que este requiere y las condiciones de seguridad necesarias para trabajar con materia viva en un espacio público. La segunda tuvo que ver con el diseño y ejecución de actividades en el espacio creado, con la intención de generar grupos transdisciplinares de estudio, investigación y prototipado usando la fabricación biológica y digital como medio. Durante su actividad, BioCrea buscó convocar diversos tipos de participantes interesados en la biología y la biotecnología, reunió alumnado y profesorado de secundaria y universidad, investigadores, especialistas, aficionados, etc., como también instituciones y comunidades de ciencia abierta en España.

En los capítulos 5 y 6 de este documento se profundiza en la ideación y programación de actividades de BioCrea durante el periodo de duración del proyecto, desde noviembre de 2018 a enero de 2020. En los meses en que se mantuvo abierto el biolab, se desarrollaron convocatorias públicas de proyectos, residencias, talleres, visitas, laboratorios de investigación, charlas y grupos de trabajo. Un equipo base de profesionales vinculados al MLP y ciudadanía interesada, consolidó un plan de acción con las rutas conceptuales y metodológicas, al que se fueron sumando participantes a la vez que las

actividades propuestas se incorporaron a la programación habitual del centro cultural. Esto llamó la atención de un público heterogéneo, de distintas edades, disciplinas y perfiles que empezó a reunirse en torno a la investigación y creación involucrándose en las distintas etapas del proceso desde la conceptualización y prototipado a la divulgación de resultados en publicaciones y eventos.

La consolidación de BioCrea dentro del MLP facilitó la estabilización de grupos de trabajo alrededor del DIYbio y el OScH, que desarrollaron varios proyectos propios usando las herramientas de prototipado digital y electrónica del fablab de MLP y del biolab de BioCrea, buscando la producción de modelos de fácil fabricación y replicables. Estos grupos de investigación desarrollaron sus proyectos en colectivo, proponiendo y ejecutando actividades, encuentros y jornadas de trabajo de manera autónoma apoyándose en la infraestructura de BioCrea, y también participando en eventos y publicaciones. Así mismo, a través del programa de residencias del MLP se invitó a artistas internacionales a desarrollar proyectos en el biolab, enriqueciendo y ampliando los grupos de investigación ya constituidos. Los resultados de las distintas actividades del BioCrea y sus grupos de trabajo asociados se mostraron en exhibiciones, conferencias y jornadas públicas de puertas abiertas como parte de la programación de MLP. Los procesos de investigación de todos los proyectos fueron documentados en su página web, incluyendo los materiales complementarios generados; como guías, planos y vídeos tutoriales (BioCrea, 2019).

Parte IV. Proyectos derivados

El capítulo 7 abarca la última parte de esta tesis y se ilustra el impacto de la investigación llevada a cabo, tanto en su parte teórica como experimental, en

el desarrollo e implementación de las prácticas artístico-científicas que he desarrollado en las actividades, acciones y proyectos ejecutados desde el año 2018 al 2022, en distintos contextos.

Estas prácticas resultan, por una parte, de las contribuciones del programa BioCrea en términos tanto de experimentación y desarrollo de propuestas, proyectos y prototipos, replicados en varios contextos con el apoyo en una red de instituciones colaboradoras y personas interesadas que permitieron la divulgación del trabajo realizado y dio continuidad a la investigación más allá del programa. Y, por otra parte, por las condiciones derivadas de la pandemia del covid-19, que llevaron al cierre del MLP en 2020 y del biolab, se impuso un cambio de enfoque en la investigación que replanteó el trabajo práctico. Esta condición forzada, abrió un campo experimental que enriqueció los resultados y condujo al desarrollo de proyectos no previstos tanto personales como colectivos.

Esta producción científico-artística se desarrolló siguiendo Las temáticas de esta investigación doctoral, apropiando conceptos y teorías y poniéndolos en práctica desde la óptica del DIYbio, el biohacking, el bioarte y la ciencia ciudadana. Es el resultado de procesos creativos colectivos y personales usando prototipos OScH y herramientas pedagógicas que parte del trabajo colaborativo, explorando medios del arte y la biología. Es posible observar una evolución técnica y metodológica ligado al uso de medios, materiales y recursos derivados de la actividad investigadora y el desarrollo de sus partes.

1.1. Justificación de la temática

El interés por trabajar en estas temáticas está directamente relacionado con mi vida profesional y el desarrollo de mi obra artística, en la que es posible observar desde los primeros proyectos el interés por las practicas DIY y la cultura *maker*, que, incorporando elementos de las ciencias de la vida, se ha apoyado en las experiencias del bioarte, biohacking y DIYbio. Todo este quehacer se ha impulsado en el contacto y participación en las redes, comunidades e instituciones artísticas y científicas que han estado trabajando bajo estos ejes temáticos, donde se incorpora mi quehacer artístico durante la segunda década del siglo XXI.

Por ende, esta tesis parte de estos conocimientos y experiencias anteriores, empleando el periodo de investigación doctoral para ampliar, sistematizar y validar este trabajo intuitivo previo, profundizando en el estudio de referentes a través de libros y artículos, contenidos en blogs y páginas web especializadas. El resultado es una compilación de autores y autoras que abordan desde temáticas y técnicas de la biología sus procesos creativos, lo que se refleja en los contenidos de sus obras, los medios usados y las metodologías de trabajo que emplean; relacionando puntos de vista diversos, fortaleciendo el diálogo e investigación transdisciplinar.

El uso de las ciencias de vida como medio artístico aporta nuevas formas de creación y producción que se han nutrido del avance teórico, social y tecnológico de la biología; como consecuencia, se ha producido un considerable aumento en el número de artistas y científicos que trabajan este campo temático en el siglo XXI. Esto permite imaginar y producir proyectos artísticos cada vez de una mayor complejidad técnica, conceptual y mediática. Es en este contexto que la practica artístico-científica se amplía, emerge tanto de los laboratorios biológicos de centros de investigación académicos e industriales, como de los *biohackspaces,* galerías y laboratorios ciudadanos. Se estudian

por tanto estos referentes, sus contextos y sus formas de investigación porque proponen un diálogo entre conceptos, técnicas y procedimientos experimentando desde la práctica de metodologías, procesos de creación y producción transdisciplinar vinculados a la biología.

De esta forma esta tesis engloba referentes, conceptos y autores que se disponen como herramientas de apoyo para el desarrollo del trabajo de campo en el que se vinculan los movimientos culturales investigados de manera teórica (el bioarte, el biohacking, el DIYbio y la ciencia abierta) con la ejecución de proyectos y actividades científico-artísticas en un biolab, esto con el fin de producir y analizar proyectos prácticos desde la comprensión de los medios, las metodologías y modelos de producción e investigación estudiados, y de divulgar los productos y contenidos generados para su circulación pública.

Se estudia para ello el caso particular de Medialab Madrid y Prado dentro de su actividad en el siglo XXI (2002-2020), por ser una institución pionera en el trabajo de las temáticas propuestas desde la óptica de la ciencia ciudadana, lo cual otorga un contexto de estudio actualizado y con referentes importantes.

Durante el desarrollo práctico de esta tesis, la colaboración con MLP a través de la dirección de BioCrea, impulsó la investigación ya que permitió, por una parte, profundizar en la experimentación al contar con un espacio físico de trabajo y por otra, reforzar el trabajo en red con otras instituciones como el Real Jardín Botánico de Madrid (España), la Cinemateca de Bogotá (Colombia), el laboratorio ciudadano Plataforma Bogotá (Colombia), el MIT Media Lab (Cambrige, EEUU), la Universidad de Murcia (España), el Piksel Festival (Bergen, Noruega) y el Festival Suratómica (Colombia).

La investigación indaga en la aplicación pedagógica y creativa de los contenidos de un biolab, a partir del desarrollo de herramientas y metodologías replicables

en contextos diversos. El estudio de las temáticas de las ciencias de la vida y su relación con el arte desencadenaron las actividades, productos, encuentros de trabajo, jornadas de codiseño, residencias, exhibiciones, prototipos, herramientas, talleres, laboratorios creativos y experimentales, publicaciones, entre otros, que se describen en esta tesis.

1.2. Objeto de estudio

El objeto de este estudio está basado en una investigación teórica y práctica sobre los movimientos artísticos, culturales y científicos que han tenido lugar durante las dos primeras décadas del siglo XXI, y que se identifican por el uso de herramientas, técnicas, conceptos y/o temáticas de las ciencias de la vida; derivando en una producción de proyectos artístico-científicos que se expresan en la combinación de medios científicos y artísticos.

El primer análisis se dirige al entendimiento de la evolución del movimiento del bioarte apoyándose en algunas reflexiones teóricas de distintos autores que han disertado al respecto y que ayudan a esclarecer y desarrollar conceptos y definiciones (Anker et al, 2008; Mitchell, 2010; Hauser, 2008, 2015; Yetesen at al., 2015; Stubrin, 2021). Al investigar a los bioartistas, el interés recae en los procesos creativos, siendo especialmente relevante el trabajo de los pioneros, en el siglo XX, como punto de partida para que resulte en la producción científico-artística posterior. Se han seleccionado algunas obras de artistas como ejemplo, por considerase que son referentes globales de las manifestaciones del bioarte desarrolladas principalmente en la segunda década del siglo XXI.

Así mismo, se estudia con atención el modelo de los biolabs, también llamados laboratorio de biología de garaje o laboratorios de biología comunitarios, como los lugares específicos de investigación transdisciplinar en el campo de las ciencias de la vida, que se constituyen en medialabs, *hackspaces* y laboratorios ciudadanos. Y también, el gran aporte de los biolabs a movimientos socioculturales como el *biohacking*, el OScH, el DIYbio o la ciencia abierta, dinamizados gracias a ellos por todo el mundo. La profundización en estos lugares y movimientos permite resaltar su papel e influencia como facilitadores del acceso al conocimiento científico y tecnológico, desarrolladores de herramientas de código abierto, generadores de espacios de creación con biología basados en esquemas de colaboración entre distintas disciplinas, y también precursores de la participación de un público no científico o especialista en la investigación, el proceso creativo y la producción de proyectos de arte con biología.

Esto lleva a plantear preguntas sobre las prácticas establecidas por los artistas y científicos vinculados al bioarte. Indagando acerca de las metodologías y formas de trabajo que desarrollan, y de cómo en ellas se establecen relaciones de colaboración entre el arte, la ciencia y la tecnología, sobre cómo esto, en consecuencia, deriva en el desarrollo de proyectos con límites disciplinares poco definidos y de alta complejidad conceptual y tecnológica donde la biología lleva a ocupar un lugar relevante como medio artístico. Se tiene en cuenta para el análisis el avance significativo de la biotecnología desde la segunda mitad del siglo XX y su influencia en las manifestaciones y prácticas artísticas posteriores.

1.3. Objetivo general

El objetivo general de esta tesis doctoral es la búsqueda y desarrollo de herramientas, metodologías y productos que promuevan la divulgación, la circulación artística y la práctica cultural dentro del objeto de estudio. Esto con el fin de ofrecer un marco teórico y práctico que ayude a comprender los conceptos y los medios alrededor de las prácticas del arte con biología (bioarte), y los movimientos socioculturales y científicos vinculados a estas.

Para el logro de este objetivo, la investigación se apoya en un trabajo de campo en varios contextos y comunidades vinculado a instituciones del sector cultural, artístico y científico, con lo cual se pretende, por una parte, establecer una comunidad transdisciplinar que soporte el trabajo de exploración y creación, y por otra, la apertura de espacios para la experimentación en estas temáticas. Como consecuencia de ello, se desarrollan productos para la circulación artística, científica y académica, entre ellos actividades públicas, exhibiciones y publicaciones.

1.4. Objetivos específicos

Las partes que conforman esta tesis se acercan de distinta forma a la consecución del objetivo general, cada una desarrollando procesos de investigación distintos con sus propios objetivos específicos, aunque todos ellos enmarcados en el mismo eje conceptual y buscando un balance entre la teoría, la práctica y las experiencias derivadas.

Parte I:

- Llevar a cabo un estudio de conceptos, metodologías, obras de arte y autores, a través del planteamiento de un recorrido histórico y temático dentro del movimiento del bioarte y su vinculación con la biotecnología, la biología y la investigación transdisciplinar.

- Realizar una investigación teórica de referentes a través de la consulta de libros, artículos, contenidos en blogs y páginas web especializadas.

- Ilustrar procesos de investigación, creación y producción de obras de arte vinculados a temáticas, medios y tecnologías asociadas a las ciencias de la vida basada en la selección de trabajos de artistas y científicos.

Parte II:

- Profundizar en los movimientos sociales, culturales y científicos ligados a la biología como el biohacking, el OScH, el DIYbio, la ciencia ciudadana, entre otros.

- Ofrecer un marco teórico que ayude a comprender los conceptos y los medios alrededor de las prácticas comunitarias con biología.

- Examinar el auge de las biologías de garaje, los laboratorios de medios y sus tipologías, los laboratorios ciudadanos y los antecedentes del centro cultural Medialab Madrid y Prado.

Parte III:

- Analizar los antecedentes del programa BioCrea: espacio abierto de biología creativa como ejemplo de biolab, revisando sus referentes y evolución dentro de las actividades del Medialab Madrid y Prado principalmente a través del programa Interactivos?.

- Exponer el proceso de creación e implementación desarrollado en BioCrea.

- Compilar y revisar la actividades y comunidades transdisciplinares para la investigación y creación en temas asociados a la biología generadas en BioCrea, así como sus resultados y productos.

Parte IV:

- Establecer contacto con instituciones, públicos y comunidades a través de procesos de creación, divulgación, investigación y producción involucrando conceptos, herramientas y medios provenientes del DIYbio, la ciencia ciudadana, el biohacking, el bioarte y el biodiseño.

- Indagar en procesos de investigación, creación y producción de bioarte con medios artísticos y científicos experimentales y analizar los distintos resultados plásticos y mediáticos arrojados.

- Desarrollar productos para circulación artística, científica y académica.

1.5. Planteamiento de la investigación

En el TFM titulado "Diálogos entre el Arte, la Tecnología y la Ciencia desde la cultura libre en el siglo XXI en Latinoamérica y España" del Máster de Investigación en Arte y Creación (MIAC) 2017-2018, tuve un primer acercamiento a las temáticas desarrolladas en esta tesis doctoral. En este trabajo previo realicé una investigación preliminar de artistas como Eduardo Kac, Gilberto Esparza y Gabriela Munguía y de los movimientos como el biohacking y el DIYbio (Mestizo, 2018). Esto despertó un interés particular que

me ha llevado a desarrollar este programa de doctorado en Bellas Artes lo cual que me ha permitido profundizar en la investigación iniciada en el año 2017.

El desarrollo de este estudio comprende la búsqueda de material de referencia en publicaciones y fuentes bibliográficas como libros, revistas, catálogos, publicaciones online, blogs y páginas de internet para modelar un marco conceptual y teórico. Ello da estructura a la tesis a través de la lectura de estas fuentes y de la observación y análisis de pieza artísticas que definen el estado de la cuestión. La revisión de referencias ha acompañado el trabajo de campo y creación de manera conceptual durante toda la investigación, aportando conocimientos que guían la selección de temas, técnicas y los medios estudiados.

El inicio del programa de doctorado coincide temporalmente con mi vinculación al proyecto "BioCrea: Espacio Abierto de Biología Creativa" en el centro cultural Medialab Prado, lo que se convierte en un eje fundamental del trabajo de campo y de la labor investigativa práctica de comunidades, grupos de investigación y espacios vinculados a la ciencia de garaje y los movimientos artísticos, culturales y científicos que se pueden asociar a estas prácticas.

Para este proceso, además, la investigación contó con la participación y apoyo de instituciones culturales y científicas, de público general y comunidades interesadas en proyectos creativos de investigación desde el arte, la tecnología y la ciencia. La colaboración con distintas instituciones contribuyó al progreso de la investigación práctica, permitiendo la planeación y ejecución de las distintas actividades que acompañaron de forma gradual al desarrollo de la investigación; otorgando herramientas, recursos físicos y metodologías. Por convertirse BioCrea en un punto de encuentro para grupos de investigación, estudiantes, científicos, artistas y público en general.

Con ello, la actividad investigadora de esta tesis da lugar a una serie de productos académicos, pedagógicos y metodológicos que validan los contenidos y permiten un avance progresivo de la investigación, conectando lo teórico, lo práctico y lo creativo.

1.6. Metodología

La metodología general de esta tesis está inspirada en la *Art Based Research* (ABR) [investigación basada en arte] donde la investigación parte de un componente estético que otorga aportes en el uso poético del lenguaje, en el uso expresivo de la narrativa y en la creación sensible. Pudiendo emplearse además el cine, el video y cualquier otra forma de imagen o electrónica; puesto que son, en términos relativos, nuevos medios a través de los cuales se puede informar sobre la investigación científica o sociológica. Estas opciones son sólo algunas de las maneras en que se puede realizar la investigación basada en las artes o las herramientas que se pueden emplear; teniendo en cuenta que la disponibilidad de nuevos medios hace posible la generación de nuevos conceptos y la creación de posibilidades (Barone et al, 2011, p. 5). En la ABR los investigadores cualitativos utilizan métodos o enfoques inspirados artísticamente, o son artistas que integran componentes de investigación en sus procesos de creación, o son un perfil en el que el papel del investigador cualitativo y el del artista se fusionan por completo (Wang et al, 2017, p. 10).

El objetivo principal del ABR es ampliar la variedad de recursos que los investigadores pueden utilizar en el curso de sus estudios. Su objetivo no es reemplazar los métodos antiguos por otros nuevos; sino complementar, ampliar, expandir y diversificar las herramientas que los investigadores pueden usar y, a través de esa diversificación, observar lo que de otro modo no se habría visto y evidenciar lo que de otro modo no se podría haber dicho, busca

contribuir a una pluralidad de paradigmas para hacer investigación (Barone et al, 2011, p. 170). En estos términos, el arte y la ciencia pueden conjugar sus metodologías para generar experiencias estéticas, invitando a repensar las formas tradiciones de difusión de los estudios científicos o, como en el caso del objeto de estudio de esta tesis, la manera en la que la biología y la biotecnología son usadas como medios artísticos, generando colaboraciones transdisciplinares y explorando los límites entre campos de investigación para la producción de proyectos heterogéneos.

Esta tesis se desarrolla y adapta sus contenidos a herramientas de investigación y creación del ABR, empleando medios, procedimientos y herramientas del arte, la ciencia y la tecnología de manera heterogénea. Esto facilitó el avance en paralelo de los aspectos teóricos y prácticos de la misma. El estudio se basa en referentes conceptuales, técnicos y metodológicos que van sumando recursos desde distintas fuentes y disciplinas. Lo que determina una estructura evolutiva de investigación, que encadena los contenidos en distintos momentos, algunos con sus propios enfoques, conclusiones y validación. A nivel general se pueden identificar las siguientes acciones y herramientas:

Colección, lectura y ordenación de datos:

La colección, lectura y ordenación de datos reúne el estudio de referentes históricos, científicos y artísticos desde distintas fuentes bibliográficas especializadas. La catalogación y escogencia de los referentes se establece en un orden narrativo en el que se presentan los trabajos artísticos relacionando los procesos creativos, los conceptos y las tecnologías aplicadas. Estos contenidos proceden del análisis de las etapas, el momento histórico y contextos de producción de cada referente. A la vez, pone en común una terminología que ayuda a identificar los elementos que componen el objeto de estudio, ubica y trae a colación ejemplos y contenidos teóricos y prácticos

relevantes para lograr la comprensión de los contenidos y establecer procesos de creación e investigación dentro del ABR.

Estudio técnico y mediático:

El estudio técnico y mediático, por un lado, acompaña la investigación teórica describiendo y analizando conceptos, herramientas, materiales y procedimientos usados en diversos procesos de creación y producción artística-científica. El estudio aporta ejemplos en los que se da el cruce de ideas y procedimientos técnicos y mediáticos que llevan a la producción artística. Muchos de ellos parten de la rigurosidad del método científico y lo involucran dentro del proceso creativo que se manifiesta, bajo formas de representaciones diferentes, empleando el lenguaje artístico.

Por otro lado, desde la práctica, se acerca a la tecnología de forma creativa; a través del diseño colaborativo y del prototipado digital. Durante el periodo de trabajo de campo, se establecen vínculos con las comunidades académicas, alumnado y profesorado de bachillerato y universidad, y personas interesadas en el diseño de instrumentos y procedimientos abiertos para la investigación científica y la pedagogía. Valida la implementación de esta herramienta el uso de las tecnologías desarrolladas en proyectos concretos y comunidades reales que emplean los instrumentos y procedimientos desarrollados en sus propias prácticas.

Intervención en espacios y comunidades:

La intervención en espacios y comunidades parte de la generación de estrategias para el fomento de la participación de perfiles de público y

audiencia variados dentro del proceso de investigación; con enfoques pedagógicos y de creación colectiva. Se trabaja así mismo en el vínculo institucional, para apoyar en distintos momentos la ejecución de actividades, facilitando espacios de encuentro, divulgación e intercambio con otros actores relevantes. La sinergia con las instituciones retroalimenta la investigación aportando resultados puestos en circulación mediante presentaciones y exhibiciones.

Producción artística:

La producción artística parte del método científico aplicado en el trabajo de laboratorio como parte de la exploración creativa, combinando procedimientos y ensayando con varios medios y técnicas. Esto permite acercarse a las temáticas de las ciencias de la vida desde la experimentación artística.

El desarrollo conceptual de las piezas es consecuencia del estudio llevado durante el proceso de investigación, estableciendo un canal de experimentación y producción con los contenidos a través de una combinación de medios artísticos, tecnológicos y científicos. Las piezas creadas se complementan con varios productos de validación como talleres, laboratorios, programas culturales, exhibiciones y presentaciones públicas. Cada producto debe entenderse desarrollado con base en su contexto y condiciones específicas.

2. Microsimbióticos

Una investigación preliminar del capítulo 2 de esta tesis, "Microsimbióticos", fue presentada a modo de lectura en septiembre de 2019, titulada en esta oportunidad como "microscópicos que dominan el mundo", como parte de una hacktividad liderada por la bióloga Angélica Páez en Plataforma Bogotá[1] que consistió en varios talleres, laboratorios y charlas temáticas.

A lo largo de "microsimbióticos" se ilustran varias obras artísticas que trabajan con sistemas vivos y se pueden catalogar en el género artístico "bioarte"; un término aparecido en las últimas décadas, ambiguo y lo suficientemente amplio como para abarcar una serie de prácticas del arte y las ciencias en las que la materia viva es el medio y hacen parte del proceso creativo: se trata, en palabras de las bioartista Natalie Jeremijenko de un *"umbrella term"* [término paraguas] (López-del-Rincón, 2016). Cada una de las obras elegidas aborda aspectos éticos, socioculturales, económicos, estéticos, morales, etc. de las implicaciones de usar y alterar la materia viva desde la biotecnología. Durante las últimas décadas, los adelantos científicos en el campo de la biotecnología han hecho cada vez más accesible y ubica esta tecnología impactando tanto en la vida cotidiana como en el arte. En el siglo XXI los avances en el ámbito de la biología han permitido tener un mayor entendimiento sobre los fenómenos de la vida y su complejidad; gestándose teorías y conceptos biológicos que aportan neologismos para definir a los seres vivos y sus fronteras, sus interacciones con otras especies, el ecosistema y el planeta.

---

[1] Plataforma Bogotá es un laboratorio interactivo de arte, ciencia y tecnología, que promueve la creación, investigación, formación y difusión de proyectos interdisciplinares entre un público de diferentes edades y niveles de formación. Es un proyecto que pertenece a La Alcaldía de Bogotá, desde la Línea Estratégica de Arte, Cultura Científica, Tecnología y Ciudad del Instituto Distrital de las Artes–Idartes (Plataforma Bogotá, sf). https://plataformabogota.gov.co/

Este capítulo toma la teoría científica de la "simbiosis" y algunos conceptos derivados y desarrollados por varios autores, con la intención de generar una narrativa teórica que presenta a autores y obras que puedan considerarse inscritos en el bioarte dentro de un contexto conceptual, cultural e histórico. El término biológico "simbiosis", fue usado por primera vez por el botánico Anton de Bary a mediados del siglo XIX para describir asociaciones cercanas y a largo plazo entre distintos organismos observadas en plantas (Wilkinson, 2001). Por tanto, se refiere a un tipo de relación interespecie donde dos o más organismos cooperan para su supervivencia mutua, siendo una parte esencial de la vida y la evolución de las especies.

La teoría de la simbiogénesis planteada por primera vez por E. Wallin, alude al origen de nuevos tejidos, órganos y organismos desde relaciones simbióticas de larga duración. Su investigación puso énfasis en las simbiosis entre animales y bacterias, un proceso al que llamó "establecimiento de complejos microsimbióticos" o "simbiontismo" (Margulis, 2002, p. 16). En términos de la comprensión de la evolución de las especies, la simbiogénesis abre un campo de estudio en el que se especula sobre la posibilidad de que las bacterias, al interrelacionar, se constituyeran cómo células más grandes, añadiendo complejidad a sus organismos, como núcleo, cloroplastos y mitocondrias; derivando luego en hongos, animales o plantas. Puesto que la membrana celular tiene la capacidad de apartar células individuales de su medio, mientras que mantiene flotando en su interior sustancias y moléculas, como el material genético y demás organelos que le permite realizar procesos metabólicos y dio la posibilidad que estos fueran en algún momento células individuales, que encontraron un medio donde vivir integrándose a una célula más grande, hasta llegar a ser, con las escalas de la evolución, un solo individuo más complejo o muchos individuos viviendo en coordinación; hasta generar órganos, cuerpos, ecosistemas y la biosfera del planeta.

El término "microsimbiótico" es conceptualmente adecuado a procesos de creación artística donde se pueden investigar relaciones simbióticas de varios tipos, abordando tanto aspectos disciplinares, como técnicos, conceptuales o metodológicos. En estos procesos artísticos se establece una estrecha relación con la investigación científica y biotecnológica desarrollando proyectos transdisciplinares, a través de la colaboración e intercambios de saberes y técnicas entre artistas, diseñadores, científicos, ingenieros y personas provenientes de disciplinas muy diversas. Así mismo, las temáticas alusivas a las ciencias de la vida, principalmente asociadas a la genética y la microbiología provocan un estrecho diálogo entre el arte, la ciencia y la tecnología. Los artistas intervienen en investigaciones científicas, realizando prácticas y procedimientos de laboratorio o especulando sobre usos tecnológicos y artísticos de la ciencia; y los científicos e ingenieros se ven envueltos en la indagación estética y la creación artística, trabajando todos bajo un mismo techo, en colaboración, aunque sus metodologías y resultados sean diferentes. "De hecho, su esencia colaborativa depende tanto del esfuerzo de los artistas que buscan experimentar con materia viva, como de los científicos que integran en sus laboratorios estos intentos interdisciplinarios." (Stubrin, 2021, p. 12).

2.1. La biología como medio

> *Artistic protagonists expanded their horizons to take in other fields and methods: cell and tissue cultures, neuro-physiology, bio-robotics and bio-informatics, transgenesis, synthesis of artificially produced DNA sequences, Mendelian cross-breeding of animals and plants, xeno-transplants and homografts, biotechnological and medical self-experimentation, and subverting the visualization technologies of molecular biology in ways noft foreseen in the users' manuals* [los protagonistas artísticos expandieron

> sus horizontes para abarcar otros campos y métodos: células y tejidos, cultivos, neurofisiología, bio-robótica y bioinformática, transgénesis, síntesis de secuencias de ADN producidas artificialmente, cruzamiento mendeliano de animales y plantas, xenotrasplantes y homo-injertos, auto-experimentación biotecnológica y médica, y subvirtiendo la tecnologías de visualización de biología molecular de formas no previstas en los manuales de usuario] (Hauser, 2015, p. 182).

En el siglo XXI la investigación y práctica de la biotecnología presenta multitud de posibilidades inexploradas a partir del evidente progreso en el campo de la biología, habiendo superado el desarrollo de instrumentos, herramientas y técnicas sin precedentes acontecido en el siglo XX, que facilitó la experimentación a través de procedimientos de laboratorio cada vez más sencillos, más precisos y económicos. Desde hace décadas se está investigando en todo el mundo la aplicación de técnicas y medios biológicos, lo cual ha permitido incrementar el conocimiento sobre el fenómeno de la vida y las interacciones biológicas, así como también su uso y manipulación mediante la tecnología. Partiendo de este precedente, la biotecnología del siglo XXI es un vasto territorio para explorar con nuevos medios donde artistas y científicos han estado investigando y entrelazando puntos de vista en ocasiones opuestos, para desarrollar proyectos transdisciplinares en los que converja el conocimiento.

Como señala Randy Kennedy, mientras que el "vídeo y las computadoras" fueron los nuevos medios de los años sesenta y setenta, y "las tecnologías digitales e internet" fueron los de los noventa, el bioarte parece, en cierto sentido, como el más nuevo de los nuevos medios artísticos, ya que a menudo se basa en tecnologías aún más avanzadas (Mitchell, 2010, p. 114). Los artistas sacan de los laboratorios los experimentos, los instrumentos, los objetos e investigaciones llevándolos a las galerías, centros de arte y museos,

para situar en la esfera pública el dilema del uso de la biotecnología ocasionando espacios para la crítica, el debate, la provocación y el entendimiento de los efectos múltiples del empleo de estos nuevos medios. Incluso, están apareciendo manifestaciones artísticas vinculadas no sólo a la representación, sino a la práctica científica directa, buscando resultados artísticos en medios biológicos que den lugar a discusiones acerca de la ética, tanto del arte como de la ciencia. El arte biotecnológico deja entrever escenarios complejos en los que la sociedad se enfrenta a temas controvertidos que generan muchos tipos de reacciones en el debate público.

Al considerar las implicaciones éticas de las nuevas biotecnologías, es fundamental reconocer los efectos del contexto cultural y el sistema de valores establecidos socialmente en la práctica, moldeados por creencias y expectativas consensuadas. Desarrollar una comprensión integral de los posibles dilemas éticos inherentes a la biotecnología exige que sean tomadas en serio todas las suposiciones. El arte y la cultura visuales proporcionan un dominio - un espacio nominal - donde las ideologías y premisas probablemente se expresan más libremente que en discursos científicos concentrados. Las prácticas visuales tienen el poder proactivo de influir y significar en múltiples direcciones; afectan profundamente la empresa de la ciencia, su recepción y consumo público. (Anker et al, 2018, pp. 276-277).

El bioarte tiene como cualidad destacada la intermediación. Es decir, por un lado, los procesos biotecnológicos de la materia orgánica o de los sistemas vivos permiten percibir la "biomedia", como ejemplifica la obra "El medio es el masaje" del teórico de los medios Marshall McLuhan (1967) en donde la tecnología es percibida como una extensión de nuestros propios cuerpos y sentidos. Por otro lado, los artistas conciben y median sus exhibiciones permitiendo al público participar emocional y cognitivamente mediante diversas formas multimedia con variadas intenciones que van desde piezas anti éticas museables e instalaciones o performances hasta activismo político público relacionado con una realidad socioeconómica concreta (Hauser, 2008,

p. 88). Por último, en el bioarte los proyectos artísticos desarrollados mediáticamente con técnicas y metodologías biológicas, pero desde luego, enriquecidas por la visión sociocultural que se aporta desde las ciencias sociales, la filosofía y la estética. Esta visión, introduce ambigüedades, dudas, complejidades, especulaciones, preguntas, fallos e ironías en la investigación científica, subrayando y confrontando la naturaleza compleja de la biotecnología y sus posibilidades.

La cualidad de intermediación del bioarte recalca su cualidad de arte "simbiótico" que redefine los límites de las disciplinas y prácticas, dando como resultado objetos híbridos, transmediáticos y transtecnológicos, donde es difícil concretar los límites dónde comienzan o terminan los sistemas vivos y los medios tecnológicos. Es también reseñable, que este tipo de obras artísticas y prototipos, desde un momento muy inicial, se desarrollan bajo la colaboración de distintos perfiles profesionales, usando las herramientas y tecnologías a su alcance ya sea en laboratorios científicos especialistas o laboratorios tipo DIYbio, en estudios y garajes. "Lo vivo está para desafiar los límites técnicos del arte y enriquecer las posibilidades limitadas que impone la comunidad científica a los mismos materiales" (Stubrin, 2021, pp. 65). Gran parte del atractivo del bioarte es haber encontrado espacio de experimentación para el arte y la ciencia empleando nuevos medios tan aparentemente fuera de los soportes tradicionales como son, los cuerpos vivos, el material genético, las células y los tejidos, lo cual, hasta finales del siglo XX, parecía ciencia ficción y estaba completamente fuera de alcance de la practica artística.

El bioarte ha surgido a través de un trabajo que trasciende y evalúa las nociones convencionales sobre arte y ciencia. El arte involucra marcos conceptuales, campos de asociación y metodologías de investigación no aplicadas por científicos e ingenieros, lo cual presenta oportunidades para el reconocimiento y síntesis de enfoques tradicionalmente separados del pensamiento crítico. Los bioartistas pueden presentar preguntas de investigación diferentes, contribuir al testeo de nuevas tecnologías en procesos

no previstos y ayudar a innovar en los materiales que se emplean tanto en el arte como en la ciencia. Por otra parte, se puede esperar que las relaciones de colaboración y las cuestiones éticas desconocidas para los artistas hace unas décadas adquieran nuevas prioridades a medida que estos amplían sus interacciones con la comunidad científica. Las asociaciones con bioartistas pueden contribuir a contextos culturales y estéticos esenciales para traducir la investigación básica en aplicaciones útiles. *While the role of bioart in both the criticism and application of science will undoubtedly continue, perhaps a more profoundly important andyet less recognized contribution may be the ability of bioart to help science understand itself* [Si bien el papel del bioarte tanto en la crítica como en la aplicación de la ciencia indudablemente continuará, quizás una contribución más profundamente importante y aún menos reconocida puede ser la capacidad del bioarte para ayudar a la ciencia a entenderse a sí misma] (Yetesen at al., 2015, pp. 724 - 732).

2.2. Primeras colaboraciones y referencias de bioarte. Siglo XX

La ciencia ha sido un eje de creación e inspiración para los artistas reflejado directa o indirectamente en sus obras a lo largo de la historia. Se puede hacer un paralelismo claro entre el desarrollo científico y el arte de una época; por ejemplo, las rompedoras formas de representación en las vanguardias artísticas de principios del siglo XX se vieron fuertemente influenciadas por el psicoanálisis iniciado por Sigmund Freud o la teoría general de la relatividad de Albert Einstein o la teoría cuántica planteada por Max Planck. Después de la segunda guerra mundial surgen los laboratorios de investigación científica y tecnológica, principalmente en EE. UU. donde se fundaron centros como por ejemplo *Bell Labs, Xerox Palo Alto Research Center* (PARC) o *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). Con el posicionamiento de estos espacios se impulsó una era donde la electrónica, la robótica y la computación escalaron

rápidamente debido en gran parte a los avances tecnológicos que se desarrollaron en estos centros, cuyas investigaciones impactaron a nivel mundial y cuyos inventos se emplean aún hoy. Por ejemplo, en 1949 *Bell Labs* hizo público un prototipo, el transistor, que en cambió completamente la electrónica y, en esencia, dio paso a la computación contemporánea y masiva.

En el contexto de estos laboratorios de investigación, en 1960 se da una primera colaboración transdisciplinar entre el ingeniero Johan Wilhelm Klüver del *Bell Labs*, un visionario que pretendía derribar las fronteras entre la ciencia y el arte, y el artista Jean Tinguely. Ambos, se conocieron en la escena artística de Nueva York cuando Tinguely estaba trabajando en el proyecto *Homage to New York* [Homenaje a Nueva York] (figura 1) una expresión de su disgusto frente al consumismo, al materialismo, y a lo que percibía como un mundo enloquecido por las posesiones. Klüver y Tinguely trabajaron en colaboración para desarrollar este proyecto, para el cual se usó tecnología de vanguardia de *Bell Labs* y empleando tiempo, personas y herramientas de sus laboratorios para el ensamblaje de gran parte del artefacto (Miller, 2014, pp. 37-39).

> *Homage to New York was an extraordinary contraption, a weird assemblage of small machines that would self-destruct one by one at preset times, sparking and smoking to an accompanying musical soundtrack while it rolled around haphazardly until it completely blew up in, as Kluver put it, "one glorious act of mechanical suicide".* [Homenaje a Nueva York era un artilugio extraordinario un ensamble de pequeñas máquinas que se autodestruyen una a una en tiempos preestablecidos, chispeando y humeando, Klüver lo llamó "un glorioso acto mecánico suicida"] (Miller, 2014, p. 37).

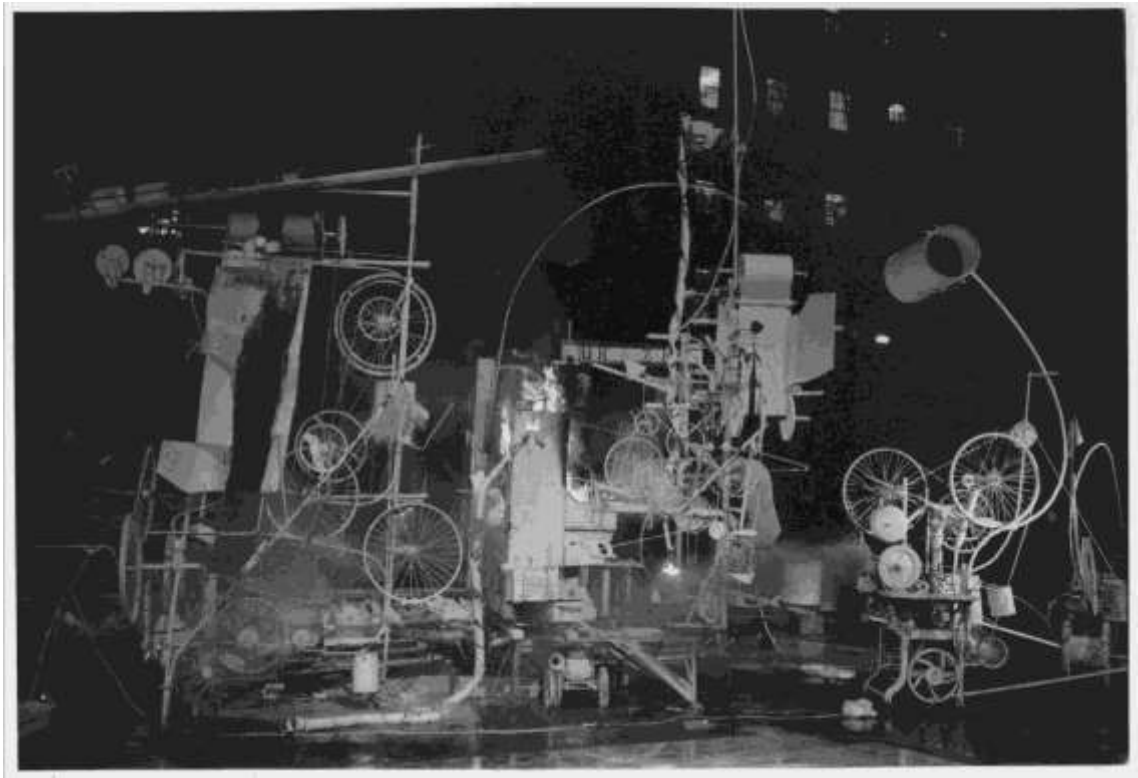

Figura 1. Nota. Adaptado *de Homage to New York: A Self-Constructing and Self-Destroying Work of Art [Homenaje a Nueva York: una obra de arte que se autoconstruye y se autodestruye]*, fotografía de David Gahr, 1960, tomado de MOMA (https://www.moma.org/calendar/exhibitions/3369), todos los derechos reservados.

Este tipo de colaboraciones progresivamente estimularon la creación de un arte tecnológico donde la ciencia y la ingeniería juegan un papel esencial en su desarrollo teórico, práctico y conceptual. En este contexto temporal el acceso a los laboratorios puso en contacto a los artistas con otras disciplinas, conocimientos, técnicas, materiales, ampliando el espectro de posibilidades creativas con nuevos medios, consolidando proyectos sólo son posibles en la colaboración transdisciplinar. Tras la experiencia de *Homage New York,* Klüver con la intención de fomentar la colaboración entre ingenieros y artistas fundó *Experiment in Art and Technology* (E.A.T.) [experimentación en arte y tecnología] una compañía sin ánimo de lucro que apoyó el encuentro entre arte y tecnología. En el grupo fundacional participaron también los artistas Robert Whitman y Robert Rauschenberg y el ingeniero Fred Waldhauer, con quien Klüver estableció colaboraciones durante años (Tornero et al, 2012, p. 61). El proyecto artístico *Oracle* (Figura 2) desarrollado entre 1962 y 1965, es una colaboración entre Klüver y Rauschenberg, que incorpora tecnologías de Bell

Labs como la recepción y transmisión de señales de radio, micrófonos sin cables y sistemas de control computacional, todas tecnologías de vanguardia de la época. Las posibilidades de estos nuevos medios descubiertos por el arte en la transdisciplinariedad permitieron una exploración creativa de las posibilidades tecnológicas y científicas que atenuaron rápidamente los límites entre el arte y la ciencia. Küvler al respecto menciona:

> *The artists' work is like that of a scientist. It is an investigation which may or may not yield meaningful results… What I am suggesting is that the use of the engineer by the artist will stimulate new ways of looking at technology and dealing with life and future. Like engineering, art was research, and both art and engineering achieved their fullest promise when the two worked hand to hand. Picasso, who was deeply influenced by mathematics, science, and technology of his days, wrote similarly that "my studio is a sort of laboratory".* [El trabajo del artista es como el de un científico. Es una investigación que puede o no dar resultados significativos… Lo que estoy sugiriendo es que el uso del ingeniero por parte del artista estimulará nuevas formas de ver la tecnología y lidiar con la vida y el futuro. Al igual que la ingeniería, el arte era investigación, y tanto el arte como la ingeniería lograron su máxima promesa cuando los dos trabajaron mano a mano. Picasso, quien estuvo profundamente influenciado por las matemáticas, la ciencia y la tecnología de su época, escribió de manera similar que "mi estudio es una especie de laboratorio"] (Miller, 2014, p. 43).

Figura 2. Nota. Adaptado de *Oracle, fotografía de Philippe Migueat - Centre Pompidou, MNAM-CCI/Dist. RMN-GP,* tomado de Centre Pompidou (https://www.centrepompidou.fr/es/ressources/oeuvre/crgBo58), todos los derechos reservados.

En el campo de las ciencias de la vida, uno de los primeros artistas cuyo trabajo está basado en el diálogo entre la biología moderna y el arte moderno es del fotógrafo Edward Steichen. Steichen, director de fotografía del MoMa hasta 1962, sentía pasión por el cultivo de plantas y su alteración genética empleando métodos mendelianos por lo que trabajó durante años realizando modificaciones genéticas por medio de fármacos como la colchicina en la especie *delphiniums* para generar una variedad de mutaciones (Tornero et al, 2012, p 228-229; López del Rincón 2014, pp. 96-97). En 1936 Steiner mostró sus plantas en el MoMa en la exposición Edward Steichen's Delphiniums, (figura 3) que consistió en la presentación de entre quinientos y mil especímenes de esta planta que había estado cultivando e hibridando desde 1920. Se puede considerar, por tanto, que el medio artístico que utiliza Steiner es el propio uso de la tecnología genética derivada de las teorías de Mendel, empleándola para variar la diversidad cromática de las plantas al generar mutaciones controladas

por el artista, que las dirige bajo técnicas científicas como parte de su proceso de investigación y creación.

Figura 3. Nota. Adaptado de *Installation view of the exhibition, Edward Steinchen's Delphiniums [Vista de la instalación de la exposición, Delphiniums de Edward Steinchen],* fotografía de Edward Steinchen, 1936, tomado de MOMA (https://www.moma.org/calendar/exhibitions/2940), todos los derechos reservados.

Más tarde, en la década de los ochenta, el artista Geoge Gessert entra en la escena artística con intereses parecidos a los de Steichen, dedicándose a explorar las posibilidades de la modificación genética de plantas a través de la selección e hibridación en un proyecto iniciado en 1979. La primera ocasión en que las plantas de Gessert se expusieron en un contexto artístico fue en 1985, en la muestra monográfica *Iris Project* (Figura 4), en el New Langton Art de San Francisco (Tornero et al, 2012, p 229; López del Rincón, 2014, p.124). En su obra las flores, contiene patrones y colores generadas de forma artificial; estos dibujos se producen al alterar genéticamente las plantas; al igual que en

la obra de Steichen, usando como medio técnicas mendelianas con intervenciones basadas en la selección artificial.

Esta línea artística iniciada por Steichen y Gessert, dónde lo vivo es la obra, trastocó todos los límites de la creación artística tal y como se conocía hasta entonces, permeando la ciencia y la tecnología y poniendo en evidencia que es posible el diálogo entre estas disciplinas y el arte. Las exhibiciones de ambos artistas, separadas casi por cincuenta años de diferencia en el tiempo, son dos de los precedentes que marcan el inicio del empleo de seres vivos en la muestra artística, y que pueden considerarse como el inicio del arte biológico o Bioarte.

Figura 4. *Nota*. Adaptado de *Hybrid 768 [híbrido 768]*, 1994, fotografía, tomado de Science Meets Art (http://gamma.library.temple.edu/sciencemeetsart/items/show/37), todos los derechos reservados.

En relación a su proceso creativo y técnico Gessert (2008, p, 191) describe su trabajo de la siguiente forma: En la crianza de las plantas me concentro en el

color, la forma, el patrón, el valor y la textura: consideraciones estéticas. Sin embargo, otras preocupaciones son inevitables, por ejemplo, la muerte. Al principio traté de encontrar un hogar para cada iris que hibridé, incluidos los rechazados, los vendí, se los di a amigos, conocidos, extraños, a cualquiera que los aceptara, pero aún quedaban plantas. Muchos de mis obsequios eran débiles y estéticamente inferiores, pero confiaba en que las circunstancias los salvarían. Hay muchas formas de jugar a ser Dios, y lo hice ignorando lo obvio, que los iris están adaptados para producir mucha más descendencia de la que puede sobrevivir. Las plantas se acumularon hasta que me quedé sin espacio. Eventualmente hice composta con algunos de los especímenes más miserables. El compostaje me devolvió a mis materiales y a la tierra. La muerte está en las alas de toda decisión estética. A lo largo de los años he llegado a comprender que lo mismo ocurre con la pintura y la redacción de ensayos, pero con ellos la muerte está lejos y es fácil de negar.

A partir de la década de los ochenta se inicia una época de oro para la ingeniería genética, consecuencia del desarrollo de la biotecnología y en especial en el campo de la biología molecular. Desde la publicación del modelo molecular de ácido desoxirribonucleico (ADN) por parte de Watson y Crick en la revista *Nature* en 1953, se asentaron los cimientos para una revolución tecnológica basada en el estudio del código genético. La investigación de Watson y Crick, basada en una publicación anterior de Linus Pauling y Robert Corey que planteaban un modelo de tres cadenas, arrojó un resultado distinto, planteando el modelo de doble hélice conocido de la estructura del ADN, "*the two chains (but no the bases) are related by a dyad the sequences of the atoms in the two chains run in opposite directions"* [Las dos cadenas (pero no las bases) están relacionadas por una díada, las secuencias de los átomos en las dos cadenas corren en direcciones opuestas] (Watson y Crick, 1953). Este descubrimiento resolvió algunos enigmas, y abrió un campo de investigación que llevaría al desarrollo tecnológico de la ingeniería genética, la cual ha devenido en grandes avances en la segunda mitad del siglo XX.

Pronto, el conocimiento del ADN derivó en el estudio de la tecnología de los transgénicos; que posibilito, ya en 1973 un importante hito cuando Herbert Boyer y Stanley Cohen trabajaron juntos para diseñar el primer organismo genéticamente modificado (GE) exitoso. Los dos científicos desarrollaron un método para cortar muy específicamente un gen de un organismo y pegarlo en otro. Usando este método, transfirieron un gen que codifica la resistencia a los antibióticos de una cepa de bacterias a otra, otorgando resistencia a los antibióticos al organismo receptor, inicialmente vulnerable. Un año más tarde, Rudolf Jaenisch y Beatrice Mintz utilizaron un procedimiento similar en animales, introduciendo ADN extraño en embriones de ratón (Rangel, 2015). Estaba teniendo lugar un nuevo salto tecnológico en relación con los avances en biología, el nacimiento de la Ingeniería Genética. Las investigaciones de Boyer junto a otros investigadores demostraron que la información genética procedente de orígenes diversos podía combinarse para crear una nueva molécula de ADN con nueva información genética y con capacidad de replicarse en bacterias, realizando el primer experimento de clonación de un ADN humano en bacterias demostraron que es posible unir material genético de un plásmido, un tipo de ADN presente en bacterias y levaduras, al de una célula humana, y propagar indefinidamente el nuevo rADN en una bacteria (Gómez-Márquez, 2013). A partir de ese momento se abrió un campo de experimentación que fue fuertemente acogido por la industria farmacéutica y alimentaria para el desarrollo de productos genéticamente modificados y en el área de la medicina y biología, investigándose la secuenciación completa del genoma humano y de otros organismos.

Durante las décadas de los ochenta y noventa los organismos genéticamente modificados empezaron a ser una realidad para las masas. Los científicos habían desarrollado avances tecnológicos asociados a la ingeniería genética, métodos de laboratorio que posibilitan la secuencia y replicación del ADN, modos de producir mezclas genéticas interespecie y alteraciones del código genético de los seres vivos y sus comportamientos que, mayoritariamente, fueron adoptados por las industrias farmacéutica alimentaria y la médica, las cuales acogieron estas novedades tecnologías puesto que permitió generar

seres vivos transgénicos con propiedades recombinadas de otras especies favoreciendo de múltiples maneras las forma la producción.

En 1985, Kary Mullis publicó el primer artículo en el que se describe lo que muy pronto se consideraría uno de los avances científicos más importantes del siglo XX, la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), un procedimiento sencillo y rápido para producir un número casi ilimitado de copias de cualquier secuencia de ADN (Torres, 2015, pp. 83-89). Otro hito fue el proyecto Genoma Humano, que desde 1990, se centró en la búsqueda de la secuenciación completa del código genético humano apoyándose en una fuerte inversión por parte de gobiernos y empresas privadas. La secuencia completa fue publicada el 25 de abril de 2003, el quincuagésimo aniversario de la publicación de la estructura del ADN por Watson y Crick y se considera un logro en la historia de la ciencia; principalmente porque ha revolucionado el tratamiento de la información genética, puesto que las bases de datos del genoma humano descifrado son de acceso libre y se puede encontrar en internet, por lo que cualquier interesado puede revisar y utilizar esta información para sus propias investigaciones, lo que ha generado estratégicas colaboraciones entre científicos, académicos y laboratorios de investigación de muchas índoles, privadas, gubernamentales, universitarias, de garaje, comunitarias, etc.

Los aspectos sociopolíticos de la ingeniería genética son, en muchos casos, controvertidos; como por ejemplo las formas en que las ganancias pueden corromper la ciencia. El colectivo artístico *Critical Art Ensemble* (CAE) adopta un enfoque polémico, realizando una serie de eventos en medios tácticos y biotecnología, centrándose en cuestiones tales como eugenesia, tecnología reproductiva, alimentos y productos farmacéuticos modificados genéticamente. Por medio de talleres pedagógicos, instalaciones y performances, investigan cómo la ingeniería genética y las corporaciones que se han aprovechado de su estallido están mucho más presentes en la cotidianidad de los que pensamos, y trabajan para difundir una comprensión más profunda de la ciencia subyacente haciendo de la educación del público un

objetivo clave (Miller, 2014, p. 21). Por ejemplo, *Free Range Grain* (Figura 5) es un performance en vivo donde el colectivo construye un laboratorio portátil y público que permite testear alimentos con modificaciones genéticas. La ciudadanía puede participar llevando sus frutas y verduras para ver su pureza genética. El colectivo CAE dice acerca del objetivo de este trabajo: *"Identified contaminated food will be offered for consumption at your own risk. If on the other hand, if we find nothing, it lends credibility to the idea that the European food chain is safe from GM contaminants"* [Los alimentos contaminados identificados se ofrecerán para el consumo bajo su propia responsabilidad. Si, por el contrario, no encontramos nada, se aportará credibilidad a la idea de que la cadena alimentaria europea está a salvo de los contaminantes transgénicos] (da Costa y Shyu, 2004).

En esta performance los artistas usan estrategias de divulgación científica con sentido crítico, desde la educación y la acción directa pública, mostrando como obra de arte un procedimiento científico y la forma en que este genera un clima de debate colectivo partiendo de la evidencia científica. La obra artística se gesta desde un proceso de creación que pasa por meticulosos procedimientos de laboratorio: se concibe en tubos de ensayo, placas de Petri, y vive dentro de incubadoras, bioreactores e invernaderos. La exploración de procedimientos científicos y herramientas tecnológicas hace parte del proceso creativo y permite a los artistas profundizar en la investigación transdisciplinar incorporando aprendizajes de las ciencias sociales y las humanidades, buscando cruces y caminos que científicos, ingenieros, o artistas no pueden ver por individualmente, desde sus nichos cerrados.

Figura 5. Nota. Adaptado de *ESC Gallery, Graz, Austria, CAE members test food for presence of GM markers [Los miembros del CAE analizan los alimentos para detectar la presencia de marcadores transgénicos],* 1994, tomado de Critical Art Ensemble (http://critical-art.net/free-range-grain-2003-04-cae-beatriz-da-costa-and-shyh-shiun-shyu/), todos los derechos reservados.

En este entorno de asociación transdisciplinar surge el proyecto Microvenus (Figura 6) de Joe Davis quien tuvo una idea *revolucionaria; "DNA can encode any information, not just genetic sequences"* [El ADN puede codificar cualquier información, no solo secuencias genéticas] (Miller, 2014, pp. 218-219). Para realizar la obra Davis creó un icono visual, la letra Y con una línea vertical dibujada en la mitad, emulando la representación de los genitales femeninos, y también la runa de la vida. En colaboración con científicos, la imagen fue digitalizada en lenguaje computacional y posteriormente este se tradujo en estructuras de nucleótidos, formando bloques de ADN que contenían la información codificada (Tornero et al, 2012, p. 246). Esta nueva molécula de ácido dióxido ribonucleico fue impresa en el código genético de una bacteria *Escherichia Coli*, de la que se hicieron luego billones de copias. David pretendía incluir su bacteria en la placa de la nave de la NASA Pioneer 10 en 1972, que ya contenía la imagen de un hombre y una mujer desnudos para explicar a una

posible inteligencia extraterrestre el ser humano y su posición en el cosmos, pero la propuesta no fue posible. La obra fue descartada también por el circuito de galerías de arte, por considerarse que las bacterias genéticamente modificadas representan un peligro, aunque la secuencia de Microvenus fue completada en 1990 en MIT por los científicos Shuguang Zhang y Curtis Lockshin (Davis, 1996, p. 72), las bacterias no pudieron ser mostradas hasta el año 2011, cuando fue expuesto por primera vez en el festival Ars Electronica en un contenedor envasado al vacío (Miller, 2014). Microvenus ejemplifica la práctica de los artistas que se acercan a la vida y sus fenómenos directos; no únicamente desde las representaciones o artilugios de la biología sino desde el trabajo en el laboratorio. Se tiene la capacidad de intervenir con herramientas biotecnológicas haciendo que medio, objeto y proceso sean la misma cosa, mostrándose el arte genético como parte de la escultura.

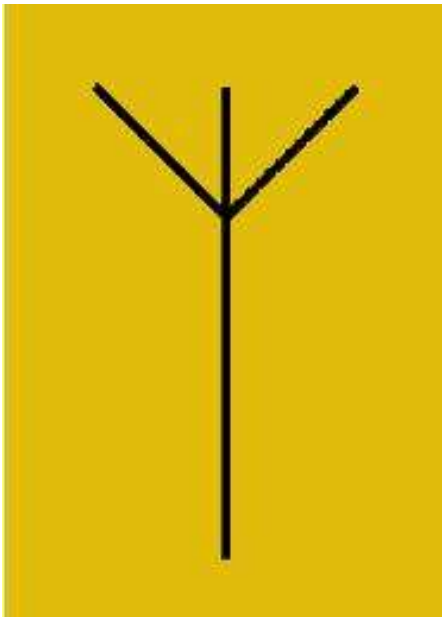

Figura 6. Nota. Adaptado de *Joe Davis «Microvenus» is a genetically altered bacteria based on the genetically produced old Germanic symbol for life and the female earth [«Microvenus» de Joe Davis es una bacteria genéticamente alterada basada en el antiguo símbolo germánico producido genéticamente para la vida y la tierra femenina.],* fotografía de Joe Davis, 1986, tomado de Medien Kunstnetz (http://medienkunstnetz.de/werke/microvenus/), todos los derechos reservados.

Davis (1996, p. 70) nos ilustra sobre los objetos de arte biológicos refiriéndose al destacado historiador Jack Burnham quien en 1970 concluyó su libro sobre la escultura contemporánea *Beyond Modern Sculpture* [más allá de la escultura moderna] con predicciones para el futuro: ¿qué pasará entonces con la escultura en el siglo XXI y en el último tercio de este siglo? Los impulsos profundamente arraigados que duran varios milenios no mueren fácilmente. Tallar o fabricar objetos como escultura probablemente continuará hasta el año 2000 d.C., pero con menos importancia como forma de arte. Los sistemas dinámicos estabilizados se convertirán no solo en símbolos de la vida, sino literalmente la vida en las manos del artista y en el medio dominante en los futuros emprendimientos estéticos. En retrospectiva, podemos considerar la larga tradición de la escultura de figuras y el breve interludio del formalismo como un ensayo psíquico extendido para los autómatas inteligentes ... A medida que el arte cibernético de esta generación se vuelve más inteligente y sensible, la obsesión griega con "la escultura viviente" alcanzará una realidad nunca soñada.

Con este precedente nuevas generaciones de artistas crearon esculturas vivientes. En el año 2000 el artista Eduardo Kac presentó su obra *Alba DFP bunny* (Figura 7), un conejo común que emitía luz ultravioleta verde fluorescente, debido a una intervención genética en la que se añadió al código genético del conejo un gen de una medusa llamada *Aequorea Victoria*, agregando una propiedad genética de una especie a otra, lo que el artista denominó "arte transgénico":

> *Transgenic art, by contrast, offers a concept of aesthetics that emphasizes the social rather than the formal aspects of life and biodiversity, that challenges notions of genetic purity, that incorporates precise work at the genomic level, and that reveals the fluidity of the concept of species in an ever increasingly transgenic social context* [El arte transgénico, por el contrario, ofrece un concepto de estética

que enfatiza los aspectos sociales más que los formales de la vida y la biodiversidad, que desafía las nociones de pureza genética, que incorpora un trabajo preciso a nivel genómico y que revela la fluidez del concepto de especie en un contexto social cada vez más transgénico] Kac (2000).

Esta obra tuvo un fuerte impacto mediático en una época en la que los dilemas éticos de la ingeniería genética no se habían trasladado desde la esfera del arte a la pública pero que en la ciencia se venían estudiando desde la década de los cincuenta. Kac dice sobre que la inclusión de "lo transgénico" como parte del cotidiano nos sitúan en otra realidad tecnológica donde la distinción entre "lo manipulado o no manipulado", natural o artificial se desdibuja y se crean nuevas naturalezas y formas de entender el mundo y los alcances de la tecnología, con sus consecuencias, debates éticos y peligros.

Figura 7. Nota. Adaptado *de "GFP Bunny" comprises the creation of a green fluorescent rabbit, the public dialogue generated by the project, and the social integration of the rabbit [GFP Bunny comprende la creación de un conejo verde fluorescente, el diálogo público generado por el proyecto y la integración social del conejo.],* fotografía de Eduardo Kac, 2000, tomado de Medien Kunstnetz (http://medienkunstnetz.de/werke/gfp-bunny/), todos los derechos reservados.

Aunque la ingeniería genética acapara un buen fragmento del panorama artístico, también otras tecnologías biológicas están nutriendo proyectos creativos. Este es el caso de la embriología para la obra de la artista Marta De Menezes, quien intervino el proceso de gestación de las mariposas, para afectar su forma y generar "errores" en los patrones de sus alas. De Menezes publicó un artículo en la revista Nature en 1998 investigando el trabajo de un equipo de la Universidad de Leiden que experimentaba con mariposas para explorar el desarrollo de la formación de los patrones de sus alas. Durante el estudio se alteraron factores que afectan la apariencia de las alas, pero sin modificar ningún gen. De Menezes estaba muy interesada en la creación arte empleando mariposas vivas, por lo que se puso en contacto e inició una colaboración con estos investigadores. Como resultado la artista produjo Nature? (Figura 8), que se exhibió por primera vez en Ars Electronica en Linz en el año 2000 (Miller, 2014, p. 209). En la obra las mariposas desarrollan en sus alas patrones asimétricos que no se dan naturalmente, estas irregularidades son malformaciones inducidas por procedimientos científicos, que hacen que la igualdad del patrón se rompa afectando la naturaleza *per se*. Nature? es el resultado de una colaboración entre De Menezes y un equipo científico, interactuando en el laboratorio y buscando puntos de encuentro. En este caso la embriología se usa como medio artístico a través de procedimientos que permiten manipular lo vivo para la creación de imágenes en una naturaleza alterada.

De Menezes expresa sobre su trabajo:

> *My methodologies in creating artworks and pursuing ideas have been deeply shaped by my interactions with scientists ...With them I learned to plan my actions, discuss the ideas, and be as clear as possible in explaining them to others so that my projects can grow. With scientists I learned to keep a lab book to make sure I can retrace my steps. I learned to work on my own project and simultaneously share*

objectives, to work collaboratively [Mis metodologías para crear obras de arte y perseguir ideas han sido profundamente moldeadas por mis interacciones con los científicos ... Con ellos aprendí a planificar mis acciones, discutir las ideas y ser lo más clara posible al aplicarlas a los demás para que mis proyectos puedan crecer. Con los científicos aprendí a llevar un libro de laboratorio para asegurarme de que puedo volver sobre mis pasos. Aprendí a trabajar en mi propio proyecto y a la vez compartir objetivos, a trabajar de forma colaborativa] (Miller, 2014, p. 210).

Figura 8. *Nota*. Adaptado de *Nature?*, fotografía, 2000, tomado de Marta de Menezes (https://martademenezes.com/art/nature/nature/), todos los derechos reservados.

Tissue Culture and Art Project (TC&A) [Cultivo de tejidos y Proyecto de Arte] es un proyecto de Oron Catts y Ionat Zuur, que desde 1996 está cuestionando las nociones de las relaciones humanas con otros sistemas vivos (humanos o no humanos, vivos o parcialmente vivos) y sus implicaciones antropocéntricas. En el proyecto se usa tejido de seres vivos de organismos complejos como medio para crear esculturas semivivas que a su vez hacen parte de organismos más complejos. Estas esculturas permanecen vivas fuera del cuerpo de origen

y son obligadas a crecer de forma determinada. Todo ello genera nuevos discursos éticos, epistemológicos y ontológicos que rodean la vida parcial y los escenarios de futuro que deja entrever este proyecto (Catts y Zurr, 2006, p. 154). Estos autores han desarrollado varios proyectos más en los que organismos vivos crecen en complejos bioreactores bajo condiciones especiales, especulando con el medio científico para plantear formas humanas de relacionarse con esa la materia creada, empleando herramientas biotecnológicas para para ejecutar las obras y mantenerlas como un objeto escultórico.

> *The Tissue Culture & Art Project (TC&A) is exploring the manipulation of living tissues as a medium for artistic expression; it looks at the level above the cell and below the whole organism. We use tissue engineering and stem cell technologies to create semi-living entities. The semi-livings are made of living tissues from complex organisms grown over/into three-dimensional constructed substrates.* [Tissue Culture & Art Project (TC&A) está explorando la manipulación de tejidos vivos como medio de expresión artística; mirando a un nivel superior a la célula e inferior a todo el organismo. Utilizamos la ingeniería de tejidos y las tecnologías de células madre para crear entidades semivivas. Los semivivos están hechos de tejidos vivos de organismos complejos que crecen sobre o en sustratos construidos tridimensionalmente] (Catts y Zurr, 2008, pp.232).

En *Victimless Leather [*cuero sin víctimas] 2004 (Figura 9), TC&A presentan una reflexión sobre el abuso que se ejerce sobre los sistemas vivos (Kluszczyński, 2012, p. 17). Basándose en la ingeniería de tejidos exploran problemáticas que aún no están claras con respecto a la biotecnología, al tiempo que alimentan las especulaciones sobre un futuro donde los materiales pueden crecer y revolucionar la industria. *Victimless leather* hace evidente el

origen animal del cuero y plantea una alternativa que no involucra el sufrimiento de un organismo ¿O, sí? Un objeto semivivo de algunos centímetros crece *in vitro* en un biorreactor, con forma de chaqueta. En esta obra el medio es usado como una provocación, busca plantear cuestionamientos sobre el límite de lo vivo y el propósito de la biotecnología en amplios aspectos. Las cuestiones éticas que ha planteado el proyecto se refieren principalmente a nuestras relaciones con estos objetos semivivos: ¿los vamos a cuidar? ¿Contribuyen estas entidades a la objetualización de los organismos vivos? Su existencia pone en tela de juicio los sistemas de creencias arraigados y nuestras percepciones de la vida y la muerte. La comprensión de que partes del cuerpo (células / tejidos) pueden mantenerse vivas fuera del cuerpo y crecer en formas diseñadas artificialmente puede conducir a una (falsa) sensación de control total sobre los materiales vivos (que parece sea la ideología que gobierna la industria biotecnológica) o al entendimiento de la importancia de las comunidades y el esfuerzo colaborativo en la construcción de sistemas complejos (desde la unicelular hasta la sociedad global). Según los artistas, su objetivo es crear una visión de un futuro en el que algunos objetos se construyan en parte artificialmente y en parte crezcan / nazcan para generar un debate sobre las direcciones en las que la biotecnología puede llevarnos. (Catts y Zutt, 2002, p. 366).

Figura 9. *Nota*. Adaptado *de Victimless Leather de Oron Catts y Ionat Zutt, Exhibición de Symbiotica en el International Symposium of Electronic Art (ISEA) 2013,* Sydney Australia.

2.3. Cuerpo-holobionte

Se define como holobionte a un organismo que es el resultado de una permanente coexistencia con varios simbiontes (organismos asociados en simbiosis), un ejemplo es el cuerpo humano y su microbiota, microorganismos que lo habitan tanto en su interior como en la piel. A partir de la secuenciación completa del ADN humano se han iniciado gran variedad de investigaciones que buscan entender cómo los genes afectan al ser humano y cómo los otros seres vivos, el ambiente, y los ecosistemas interactúan con las instrucciones almacenadas en el genoma.

Se ha comprobado así que la microbiota humana está relacionada con nuestro genoma e intercambian información con el cuerpo para mantener vivo todo el sistema en una relación simbiótica, un organismo que se mantiene gracias a la interacción de células con microbios y microbios con otros microbios. El cuerpo humano es por tanto un holobionte, un multiorganismo compuesto de otros organismos que establecen entre si relaciones simbióticas. Esto complejiza el entendimiento del genoma humano, ya que no solo está asociado a las funciones del cuerpo, sino que corresponde al genoma de millones de microbios. El *Human Microbiome Project* (HMP) [proyecto microbioma humano] es la continuación lógica, conceptual y experimental del Proyecto Genoma Humano, basado, como su precedente, una investigación heterogénea y multidisciplinar a lo largo del globo. De todo ello ha surgido un nuevo campo de estudio, la metagenómica, que se dedica a la caracterización de los genomas en las comunidades microbianas y al estudio de la correspondencia de mensajes de su ARN, productos metabólicos y proteínas. Esta nueva ciencia permite romper la barrera artificial que existe entre la microbiología médica y la ambiental, determina la salud y predisposición a enfermedades, define los parámetros necesarios para diseñar, implementar y monitorear estrategias que puedan manipular intencionalmente la microbiota humana para optimizar su rendimiento fisiológico, adaptación al medio o el tratamiento de enfermedades (Turnbaugh et al., 2007, p. 804).

> *Therefore, the holobiome can also be considered as the genomic reflection of the complex network of symbiotic interactions that link an individual member of a given taxon with its associated microbiome. Eukaryotic individuals can be analyzed as coevolved, tightly integrated, prokaryotic communities; in this view, natural selection acts on the holobiont as if it were an integrated unit.* [El holobioma puede ser considerado como la reflexión genética de la compleja red de interacciones simbióticas que vinculan a un miembro individual de un taxón determinado con su microbioma asociado. Los individuos eucariotas pueden

> analizarse como comunidades procariotas coevolucionadas, estrechamente integradas; desde este punto de vista, la selección natural actúa sobre el holobionte como si fuera una unidad integrada] (Guerrero et al., 2013, p. 133).

El holobioma es el código genético de las bacterias, parásitos, hongos, virus, microzoos, etc., que viven en los intestinos, en la boca, en la vagina y es tan importante que determina el comportamiento del cuerpo al que se ata; solo en la piel hay millones de colonias de microorganismos que viven en simbiosis con el cuerpo y lo alteran para que sea de una determinada forma, influyendo en sus hábitos, gustos y comportamiento. Cada persona tiene un microbioma específico originalmente determinado por su ADN, pero el microbioma puede cambiar de acuerdo con el ambiente donde vivimos y nuestra dieta (Mosallin, 2020).

El artista y biólogo François-Joseph Lapointe cuyo tema de estudio en la Facultad de Biología de la Universidad de Montreal es la filogenética y la genética de poblaciones, las cuales relaciona con prácticas artísticas como la performance, la danza, la coreografía y la gráfica. Está interesado en los límites de la especie humana viviendo en este "mar de microbios" llamado microbioma que es parte de nuestro cuerpo y se encuentra a la vez dentro y fuera de él. Lapointe se basa en la metagenómica, para el estudio del material genético de las comunidades de bacterias que habitan nuestra piel. En el performance titulado *1000 handshakes* [1000 chocadas de mano] (Figura 10), Lapointe intenta cambiar el microbioma de su mano derecha chocando 1000 veces las manos con distintas personas de su entorno. El experimento se diseñó para recolectar muestras del microbioma de la piel en la mano derecha en el momento del performance, y analizar los cambios de las poblaciones bacterianas y su contaminación durante el tiempo de la ejecución. Ya en el laboratorio, con su equipo, el artista analizó las dinámicas bacterianas y la evolución de las poblaciones y tomándolas como base imprimió "metagenómicos egoretratos" o "selfies del microbioma" (Figura 11), imágenes

generadas con software que visualizan los datos extraídos en colores y formas específicas que van cambiando según la contaminación poblacional de la mano. La obra de Lapointe puede estudiarse tanto bajo el criterio de la ciencia como del arte, y sus resultados pueden ser exhibidos en galerías de arte o publicados en una revista científica. La performance ha sido repetida en varios eventos, como Quatified Self en San Francisco en 2015, Transmediale en Berlin y Medium en Baltimore en 2016 (Chardronnet, 2017).

El artista François-Joseph Lapointe define su propia relación con sus microorganismos de la siguiente forma*:*

> *I am not François-Joseph Lapointe. 50% of the cells in my body are not human cells. 99% of the genes on my body are not human genes. All my actions affect who I am. All my encounters change who I am. I am no longer really human. I am the sum of my genome and the genomes of all the bacteria living on me, around me, inside me. I am a superorganism* [No soy François-Joseph Lapointe. El 50% de las células en mi cuerpo no son células humanas. El 99% de los genes en mi cuerpo no son genes humanos. Todas mis acciones afectan quién soy. Todos mis encuentros cambian quién soy. Ya no soy realmente humano. Soy la suma de mi genoma y los genomas de todas las bacterias que viven en mí, a mi alrededor, dentro de mí. Soy un superorganismo] (Chardronnet, 2017).

Figura 10. *Nota*. Adaptado de *François-Joseph Lapointe dances with his microbiome [François-Joseph Lapointe baila con su microbioma]*, fotografía de François-Joseph Lapointe, tomado de Makery (https://www.makery.info/en/2017/09/18/francois-joseph-lapointe-fait-danser-son-microbiote/), todos los derechos reservados.

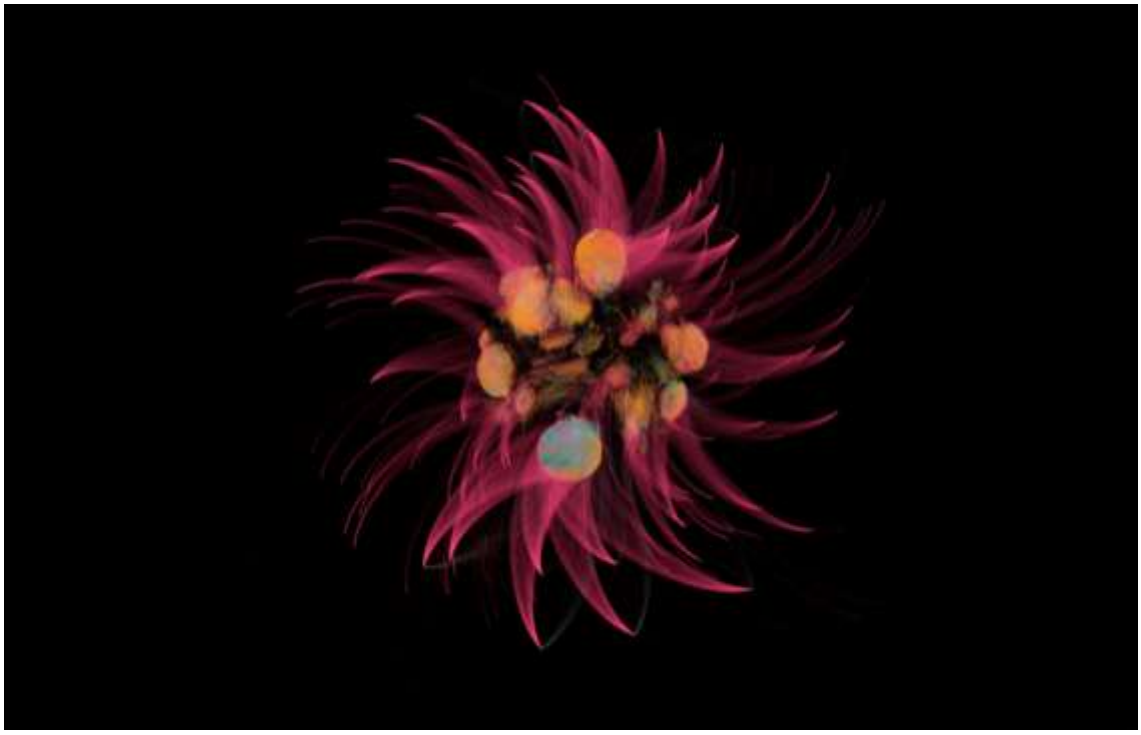

Figura 11. Nota. Adaptado de *Bacterial microbiome mapping, bioartistic experiment [Mapeo del microbioma bacteriano, experimento bioartístico],* fotografía de François-Joseph Lapointe], tomado de Wellcome Collection (https://wellcomecollection.org/works/u23mcyhh), Creative Commons (CC BY 4.0).

El primer pintor con bacterias que se conoce es el científico Alexander Fleming quien tenía una inclinación previa por la pintura y era miembro de "Chelsea Art Club" donde pintaba acuarelas como aficionado. Fleming realizó pinturas con organismos vivos de bailarinas, soldados, madres alimentando a sus hijos, peleas de monigotes y otras escenas. Hacía crecer microorganismos con diferentes pigmentos naturales en los lugares donde quería diferentes colores. En placas de Petri cultivaba especies heterogéneas según las imágenes que quería generar (Stubrin, 2121 pp. 43). Mientras las bacterias crecían la imagen cambian afianzándose los colores y resultando como consecuencia un cuadro dibujado por medios microbianos. Desde entonces, para la observación y cultivo de microorganismos, los microbiólogos han logrado la estandarización de métodos y procedimientos de laboratorio a modo de "recetas" que se emplean para realizar medios de cultivo controlados, usando también distintos tipos de tinciones y tintes especiales, microscopios especializados, e iluminación con fosforescencias y luces de bajas frecuencias.

El científico y bioartista Doctor Simon Park trabaja desde la microbiología experimentando con distintas técnicas y procedimientos para generar relaciones con su simbiota bacteriana, proceso documentando en su blog www.exploringtheinvisible.com; en el que compila diversos experimentos con varias técnicas, teorías y reflexiones (Debatty, 2016). Su trabajo se basa en la microscopía como herramienta para generar imágenes que pueden estar relacionadas con fenómenos ambientales, como la invasión del microplástico en el agua, o las reacciones de ciertos tipos de hongos a las pinturas, u otros experimentos técnicos. Su experimentación está llena de ejemplos y en su blog tiene archivo desde el año 2012 e incluye múltiples vídeos cortos donde es posible observar cómo los microorganismos se mueven. En su trabajo Cellfies, en colaboración con la artista Heather Barnett, hace capturas de vídeo de su propia microflora, usando potentes microscopios para hacer selfies de sí mismo, pero a nivel celular retratando, desde las bacterias de su microbioma hasta las células de su sistema inmunológico. Park compara sus fotos con imágenes del espacio tomadas con telescopios para recalcar que, desde su punto de vista, tenemos una galaxia interna dentro de nuestros cuerpos. El

número de estrellas de la galaxia puede ser comparado con el número de células en una colonia de nuestros microorganismos. Las imágenes son similares, pero una fue producida usando un telescopio y la otra fue hecha con un microscopio. Park asociar lo microscópico con lo macroscópico a través de sus imágenes, generando un entramado de similitudes y relaciones evidenciando comportamientos y formas de ser de los microorganismos que se reflejan y se repiten en distintos niveles de la materia, y haciendo patente los diferentes tipos de interacciones entre los seres vivos y su ambiente.

> *My goal is simple, to explore the inherent creativity of the natural world and to reveal its subtle, and usually hidden narratives, and above all to reveal its wonder. My hope is that my works will allow the interested observer to perceive biological phenomena that would otherwise be perpetually invisible, so that the hidden machinations of the natural world are brought to light*. [Mi objetivo es simple, explorar la creatividad inherente del mundo natural y revelar sus narrativas sutiles y usualmente ocultas, y sobre todo revelar su maravilla. Mi esperanza es que mis trabajos permitan al observador interesado percibir fenómenos biológicos que de otro modo serían perpetuamente invisibles, de modo que las maquinaciones ocultas del mundo natural salgan a la luz] (Park, 2013)

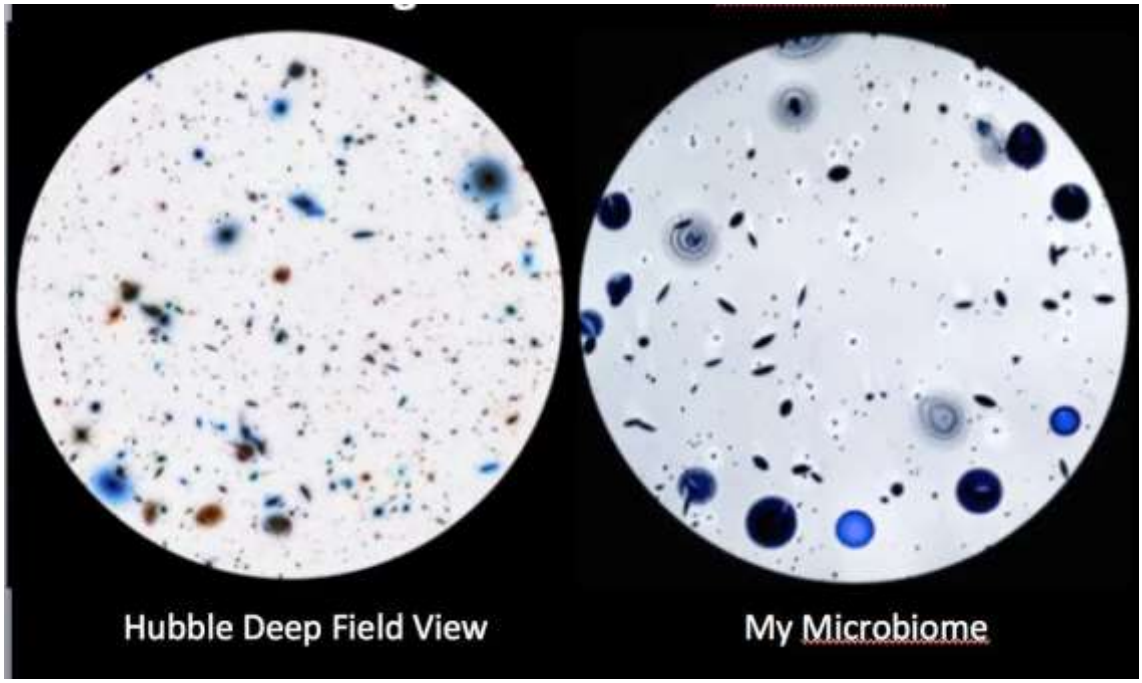

Figura 12. Nota. Adaptado de *Simon Park, A reflection on scale. Hubble Deep Field View of distant galaxies/my own microbiota (bacteria that live in/on me.) [Simon Park, Una reflexión a escala. Vista de campo profundo del Hubble de galaxias distantes / mi propia microbiota (bacterias que viven en / sobre mí)],* fotografía de Simon Park, tomado de we make money not art (https://we-make-money-not-art.com/bodily-matters-human-biomatter-in-art-part-5-working-with-hela-cells-microflora-and-other-biomedical-material/).

Nuestros cuerpos al mismo tiempo que dependiente de microorganismos, son también vulnerable a sus ataques. Los microorganismos; pueden generar enfermedades, molestias o incluso llevar el cuerpo a la muerte. En la historia son bien conocidos los periodos de epidemias y pandemias, en los que poblaciones completas o parte de ellas morían por culpa de la expansión una enfermedad desconocida. A lo largo de la historia la microbiología ha ayudado a comprender las relaciones entre los distintos microorganismos y las enfermedades. La viruela, por ejemplo, es causada por el virus *Variola*, el sarampión por un virus de la familia *paramyxoviridae* del género *Morbillivirus,* una bacteria *Yersinia pestis* se asocia a la peste negra, el cólera producido por una bacteria *Vibrio cholerae*, o más recientemente la Covid 19, provocada por el virus SARS-CoV-2. Por otro lado, el descubrimiento y desarrollo de antibióticos, como la penicilina por parte de Fleming, ha mitigado el avance de muchas de estas enfermedades e incluso erradicado algunas por completo en la actualidad.

La artista Anna Dumitriu desarrolla su trabajo artístico investigando en la relación de los microorganismos, el cuerpo, las enfermedades y los antibióticos. En su obra *Romantic Disease Dress* [El vestido de la enfermedad romántica] (Figura 13) recurrió a la bacteria de la tuberculosis *Mycobacterium tuberculosis* (TB) para producir su pieza. Dimitri elaboró un vestido de maternidad de la época romántica y lo impregnó de ADN extraído de TB, pero modificando el genoma del organismo de manera que fuera incapaz de provocar la enfermedad. A su vez el vestido está teñido con cáscaras de nuez y bordado con cártamo y seda teñida de raíz de rubia (parte delantera y dobladillo) y seda teñida con Prontosil (hombros traseros). El escote está decorado con flores teñidas de raíz rubia y los puños están adornados con lazos teñidos de cártamo. La artista reflexiona de este modo se acerca a las técnicas tradicionales de teñir y sobre el empleo de los tintes como medicinas o remedios naturales en tiempos antiguos (Dimitriu, 2014). Sobre su acercamiento a la tuberculosis Dumitriu (2012) explica:

> *It is the earliest disease found in ancient remains as far back as 9000 years ago in the Neolithic era, and later in Egyptian mummies, including the mummified body of Akhenaton (the father of Tutankhamen) (...) TB, popularly known as 'Consumption' in the past (because the body appears to be literally consumed from within) was described at 'the romantic disease'.) and Mycobacterium vaccae, a soil bacterium now thought by some scientists to act as an antidepressant.* [La historia de la tuberculosis está estrechamente vinculada a la historia del ser humano; es la enfermedad más antigua encontrada en restos antiguos desde hace 9000 años en la era neolítica, y más tarde en las momias egipcias, incluido el cuerpo momificado de Akhenaton (el padre de Tutankamón) (...) conocido popularmente como "Consumador" en el pasado (porque el

cuerpo parece estar literalmente consumido desde adentro) siendo descrita como "la enfermedad romántica"].

Hace tan solo un par de siglos era común languidecer y morir por tuberculosis, era parte de la esencia del ser humano. Dumitriu muestra interés por esta enfermedad romántica por su directa asociación a la cultura, que se ha descrito e ilustrado tanto en tratados científicos como en la literatura y arte, a través de novelas, cuentos y pinturas. La iconografía del cuerpo consumido alcanza hechos culturales tan diversos como la moda vampírica, por ejemplo, que exalta el aspecto lánguido y pálido, asociado a bohemios y románticos, asociado a historias de amor trágicas y de muerte. (Dimitriu, 2012)

Para realizar el traje hipersimbiótico *(Hypersymbiont Dress)* Dumitriu infectó *in vitro* en el laboratorio y de forma segura glóbulos blancos de su propia sangre con tuberculosis bovina jugando con el vínculo teórico entre la enfermedad y la creatividad que ha aparecido con frecuencia a lo largo de la historia. Dumitriu trabajó con el Dr. Daire Cantillon, el Dr. Simon Waddell y el Profesor Martin Llewellyn en la Facultad de Medicina de Brighton y Sussex para extraer e infectar su sangre en el laboratorio. Los glóbulos blancos modificados se emplearon para pigmentar la seda de bordado utilizada en el vestido en el que además se estamparon colores y patrones adicionales utilizando antibióticos naturales y clínicos extraídos de raíces, hierbas y vancomicina. En este trabajo colaborativo, artistas y científicos intentaban mostrar formas potenciales en las que es posible moldear el comportamiento de las bacterias, considerando los posibles beneficios y riesgos desde una perspectiva diferente (Dumitriu, 2013).

Figura 13. *Nota*. Adaptado de The *Romantic Disease Dress [traje de la enfermedad romántica]*, fotografía de Tang Teaching Museum, Skidmore College, NY, 2014, tomado de Anna Dimitriu (https://annadumitriu.co.uk/portfolio/the-romantic-disease-dress/), todos los derechos reservados.

¿Por qué huele el trabajo como huele? Con esta pregunta se inicia el proyecto *Labor* (Figura 14) del artista Paul Vanouse ganador del premio Golden Nica en la categoría de Inteligencia Artificial y Arte Vivo en el festival Ars Electrónica en 2019. Labor es una instalación artística que recrea el olor de personas que ejercen un esfuerzo físico bajo condiciones estresantes como es el caso, por ejemplo, del trabajo en una fábrica. El artista explica que para su obra incubó tres especies de bacterias de la piel humana responsables del aroma de los cuerpos sudados: *Staphylococcus* epidermidis, *Corynebacterium xerosis* y *Propionibacterium avidum* contenidas en biorreactores de aproximadamente 20 litros de nutrientes mezclados, produciendo una apariencia del olor del sudor humano, pero sin el humano real. Lo humano está notoriamente ausente en este fenómeno (Ars Electronica, 2019). A medida que las bacterias de Labor metabolizaban azúcares y grasas simples, creaban olores distintos que asociamos con el esfuerzo humano, el estrés y la ansiedad. Los diferentes aromas se combinaban en una cámara central en la que se mostraba también

un icono de la moda, la camiseta blanca. El propio desarrollo de los organismos vivos que hacían parte de la obra intensificaba el olor de esta lo largo de la exposición (Vanouse, 2019). El trabajo de Vanouse ejemplifica como los microorganismos se expresan al exterior, trabajan en conjunto para generar estímulos bioquímicos a través del sudor, interactúan con el cuerpo para generar distintos tipos de olores, se activan con los movimientos del cuerpo, y otorgan un lenguaje bioquímico a cada individuo que es particular y único, definido por su tipo de vida, sus acciones y los ambientes a los que está expuesto. El olor generado en el proceso bioquímico que realizan esas bacterias específicas genera reacciones en otros cuerpos y determina nuestro comportamiento como especie.

> *Labor also reflects upon our changing understanding of what we are. Microbes in and on the human body vastly outnumber human cells and they help regulate many of our bodily processes, from digestive and immune systems to emotional and physiological responses like sweating. Our microbiota is integral to who and what we are and complicates any simplistic sense of self. Likewise, the smell of the perspiring body is not just a human scent, unless we are willing to redefine what we mean by human* [Labor también se refleja en nuestra comprensión cambiante de lo que somos. Los microbios dentro y fuera del cuerpo humano superan ampliamente en número a las células humanas y ayudan a regular muchos de nuestros procesos corporales, desde los sistemas digestivo e inmunológico hasta las respuestas emocionales y fisiológicas como la sudoración. Nuestro microbiota es parte integral de quiénes y qué somos, y complica cualquier sentido simplista de nosotros mismos. Del mismo modo, el olor del cuerpo que transpira no es solo un olor humano, a menos que estemos dispuestos a redefinir lo que entendemos por humano]. (Vanouse, 2019)

Figura 14. *Nota*. Adaptado de *What does exploitation smell like? [¿A qué huele la explotación?] Paul Vanoise*, fotografía de Francesca Bond, 2019, tomado de Ars Electronica (https://ars.electronica.art/aeblog/en/2019/07/16/labor_paul_vanouse/), todos los derechos reservados.

2.4. El ambiente

El ambiente en el que se encuentran es parte consustancial de la naturaleza de los microorganismos, sin que uno y otros puedan desvincularse de ninguna manera. En cuanto las condiciones son adecuadas, los microorganismos crecen y generan al mismo tiempo vínculos genéticos con el ambiente y con otras formas de vida a su alrededor, ayudando a otros organismos que los favorecen a través de relaciones simbióticas complicadas que han evolucionado desde hace millones de años.

La biotecnología, a través de los procedimientos de microbiología, permite cultivar microorganismos bajo condiciones específicas, siendo posible cultivarlos y mantenerlos vivos temporalmente y en grandes proporciones a través de bioreactores. Esto ha expandido las posibilidades de creación de obras de arte en las que el ambiente, el ser humano y los microorganismos pueden interactuar a través de distintos medios. Un organismo que se puede cultivar en un biorreactor es el alga *Vibrio Fischeri,* que crece en todos los océanos del planeta en climas tropicales y subtropicales, y siempre genera

simbiosis con animales, como peces o moluscos. La *Vibrio Fischeri* tiene la capacidad de brillar en la oscuridad por bioluminiscencia al momento de ser agitadas en el agua, lo que algunos peces que crecen en estas áreas emplean como herramienta de camuflaje. Esta alga se puede cultivar fácilmente manteniendo la temperatura y nutrientes del medio parecido a su medio natural, el océano. El artista Dann Roosegaarde utilizó la *Vibrio Fischeri* para generar una instalación artística interactiva, llamada *Growing Nature* [Creciendo Naturaleza] (Figura 15) en la que los seres humanos podían interactuar directamente con algas, cultivadas *in vitro* en un laboratorio, en un suelo traslúcido instalado en la sala de exhibición. En la obra, las pisadas de los asistentes iluminaban el suelo, por efecto de la reacción de las algas a la agitación del agua, como sucedería en el ambiente natural de esta como consecuencia de la agitación de los peces. Así, *Growing Nature* se generan nuevas relaciones interespecies donde el alga sigue realizando sus acostumbradas simbiosis, en este caso a través de un dispositivo artístico, a través de la biotecnología que combina biología y tecnología para reflexionar sobre la luz y la energía, y la potencia que tiene la naturaleza para proveer herramientas para un mejor futuro (Roosegaarde, s. f.).

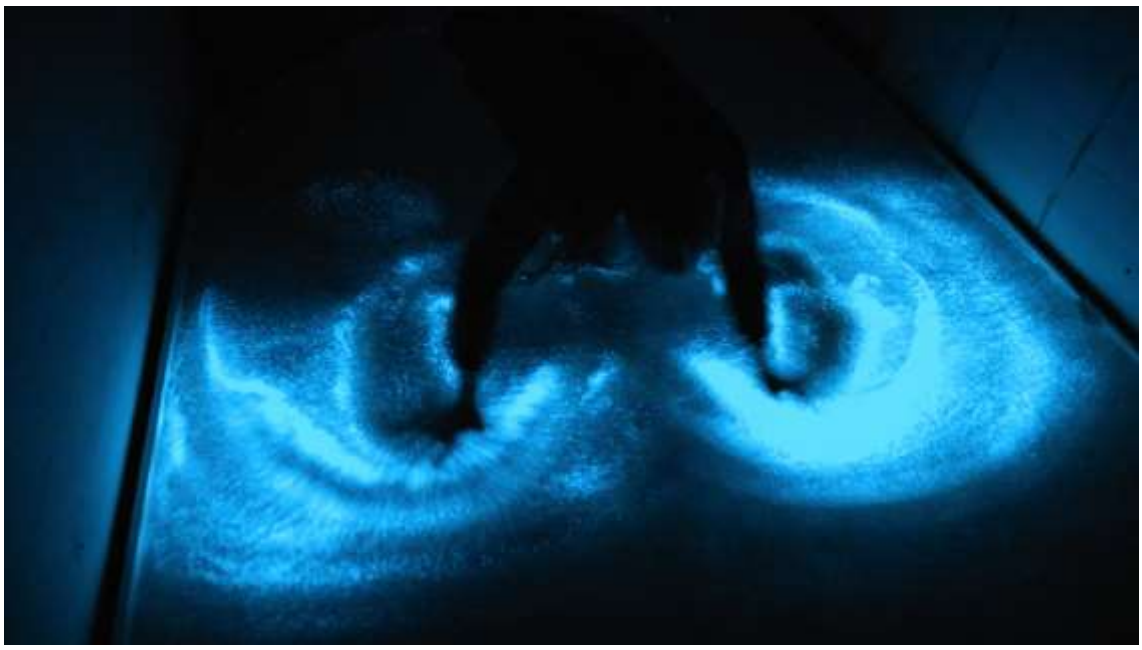

Figura 15. *Nota.* Adaptado de *Glowing Nature [creciendo naturaleza]*, Daan Roosegaarde, fotografía de Studio Roosegaarde, 2017, tomado de Studio Roosegaard (https://www.studioroosegaarde.net/project/glowing-nature), todos los derechos reservados.

Toda la vida en la tierra es el resultado de procesos de simbiosis entre microorganismos que provoca superorganismos que a su vez son parte de ecosistemas y ambientes hipercomplejos. Los microorganismos pueden viajar a través del aire, del agua, de los animales, insectos, y de las cosas. En *Borderless Bacteria/Colonialist Cash* [bacterias sin fronteras - dinero colonizado] (Figura 16) el artista Ken Rinaldo sumerge billetes de distintas nacionalidades en medios de cultivo en estado sólido; de donde, con el tiempo, emergen distintos tipos de microorganismos, colonias que ya vivían en el papel del billete y que empiezan a aparecer en la superficie del medio de cultivo. Sobre este trabajo Rinaldo explica:

> *Scientists have identified up to 3000 types of bacteria on dollar bills from just one Manhattan bank. Most of the bacteria found were skin, mouth and vagina microbes according to a study conducted by the New York University Center for Genomics & Systems Biology. Bacterial cultures, fungi, and viruses finding transport on monetary exchange systems do not respect or understand borders.* [Los científicos han identificado hasta 3000 tipos de bacterias en billetes de un solo banco de Manhattan. La mayoría de las bacterias encontradas eran microbios de la piel, la boca y la vagina, según un estudio realizado por el Centro de Genómica y Biología de Sistemas de la Universidad de Nueva York. Los cultivos bacterianos, los hongos y los virus que encuentran transporte en los sistemas de intercambio monetario no respetan ni comprenden las fronteras] (Rinaldo, 2017).

Los microorganismos usan el dinero como medio de transporte, se mueven de mano en mano a través del planeta, viajando sin ningún tipo de restricción, moviéndose a ecosistemas diversos. A través de nuestros objetos se trasladan por el ambiente, algunos vuelven a encontrar un cuerpo huésped y otros siguen su camino por medio de las cosas. "*Microbes are indeed the original colonizers on so many levels that we can even trace their influences back to the origins*

of eukaryotic cells; us" [Los microbios son, de hecho, los colonizadores originales, en tantos niveles que incluso podemos rastrear sus influencias desde los orígenes de las células eucariotas; nosotros] (Rinaldo, 2017).

En la teoría endosimbiótica, distintos organismos unicelulares se han integrado para generar células más complejas, las eucariotas, que no son sólo el resultado de la suma de los diferentes comportamientos de cada tipo de organismo unicelular que las originó, sino nuevas entidades cuyos genomas son la combinación de los de las células de partida, que, a su vez se transformará, al estar en contacto con el ambiente y con otros microorganismos. Es fácil imaginarse los organismos como sistemas embebidos los unos en los otros, hasta llegar a formas de vida cada vez más complejas que parten siempre de lo microscópico, entendiéndose como individuos y al mismo tiempo holobiontes de ecosistemas. En la obra de Rinaldo los microorganismos crecen, interactúan y se transforman; el microbioma de un cuerpo mediante el billete se expande a poblaciones completas que comparten estos microorganismos viajeros a través de la circulación del dinero.

Figura 16. Nota. Adoptado de *Borderless Bacterial / Colonialist Cash [bacterias sin fronteras - dinero colonizado] billetes en medio de cultivo de microorganismos*, fotografía de Ken Rinaldo, tomado de Art Laboratory Berlin (https://artlaboratory-berlin.org/exhibitions/borderless-bacteria-colonialist-cash/), todos los derechos reservados

Los microorganismos siempre buscan formas de expansión y colonizan aquellos territorios en los que se dan las condiciones apropiadas para su crecimiento, generan así cambios en el ambiente que permiten la adaptación de otros organismos a los que se asocian simbióticamente provocando consecuentemente la evolución ecosistemas completos, que podrían asimilarse como grandes holobiontes. En el proyecto Habitáculos Orgánicos (Figura 17), la artista Gabriela Munguía reflexiona e investiga en las posibilidades de

construir arquitecturas orgánicas para microorganismos. Sobre su propuesta la artista comenta:

> Este proyecto imagina el territorio urbano como una compleja organización biológica. En el proceso de "habitar", una infinidad de sistemas interactúan constantemente manteniéndolo en permanente movimiento y transformación. La emergencia de nuevas estructuras, arquitecturas y patrones son el resultado de los íntimos lazos entre el espacio y sus habitantes (...) Construir ciudades con habitáculos de origen orgánico activa la posibilidad imaginativa y utópica de un urbanismo que puede por sí mismo cultivar vida, donde las paredes y los techos son alimento y sustento estructural, pero también vital. El espacio muta accionándose por las constantes transformaciones resultados de los procesos funcionales y vitales de sus habitantes. (Munguía, 2015).

En su obra Munguía elabora pequeños "habitáculos", cubos hechos de medio de cultivo, en los que colecta microorganismos. Luego, con ellos, elabora arquitecturas explorando como los distintos habitáculos comienzan a compartir su material biológico. La artista construye estructuras que comparten las mismas condiciones ambientales pero que vienen de ambientes diferentes, construyen lo que genera nuevas relaciones entre los microrganismos que habitan la instalación. El microbioma se activa y empieza a generar simbiosis o infecciones, construyéndose comunidades bacterianas a través de las paredes de esta arquitectura de forma orgánica, hasta agotar sus recursos y declinar. En esta obra es posible trazar el paralelismo con la escala humana y pensar en utopías y ciudades biológicas que crecen demográficamente en un territorio, generando sistemas endosimbióticos, microbiomáticos.

Figura 17. Nota. Adoptado de *Habitáculos Orgánicos is a project by Gabriela Munguía that explores the poetic possibilities of building structures and architectures for micro-organisms* [*Habitáculos Orgánicos es un proyecto de Gabriela Munguía que explora las posibilidades poéticas de construir estructuras y arquitecturas para microorganismos*], fotografía, 2015, tomado de Summer Sessions (https://www.summersessions.net/projects/2015/47-habitaculos-organicos), todos los derechos reservados.

Como especie, los seres humanos transformamos el ambiente, la actividad humana genera consecuencias afectando al territorio y sus ecosistemas, la colonización de la naturaleza hace parte de nuestra supervivencia. De muchas maneras la actividad humana está afectando al ambiente, aire, tierra y agua reciben día a día los residuos de ésta generando un alto impacto cambiando el medio drásticamente. Algunas de estas consecuencias son invisibles, porque se trata de impactos microscópicos y bioquímicos. El agua contaminada, por ejemplo, transporta químicos, materiales y biomasa a través de los ríos y otras fuentes hídricas, hasta desembocar en todos los océanos alrededor del planeta. Otros productos nocivos y venenosos están volviendo a nuestros cuerpos en ciclos naturales inmersos en otros no naturales, afectando a los ecosistemas y

generando comportamientos, mutaciones y cambios ambientales que alteran a los demás seres vivos que forman parte de estos.

Los artistas Robertina Šebjanič y Gjino Šutić llaman monstruos a los químicos que contaminan el agua por la actividad física e industrial del ser humano. En la instalación *Aqua_Forensic* [Agua Forense] (Figura 18) los artistas presentan un libro que resume su investigación en dos localidades específicas el río Danubio (Linz, AT) y Mar Adriático (Dubrovnik, HR). El contenido de la publicación versa sobre la contaminación presente en las aguas de estos lugares con químicos de la industria farmacéutica como estabilizadores del estado de ánimo, antibióticos, antimicóticos, analgésicos, píldoras hormonales, etc. También forman parte de la instalación videos de los experimentos in vitro realizados por los artistas que muestran distintos momentos donde microorganismos del rio mueren en una solución de agua contaminado con productos farmacéuticos en una proporción 20,000 veces más débil que la dosis promedio usada para tratamientos médicos humanos. En la obra los vídeos se muestran de forma holográfica en pequeños módulos conectados por tuberías de cobre que invitan al espectador a echar un vistazo (Šebjanič, 2020).

> *The project goal is to make these invisible anthropogenic pollutants and the pattern of their effect in the water habitats visible. With samplings of water and the seabed we are "hunting for a phantom" in the context of new mythologies. It's a voyage into the microbial seas that are forming the body of waters all around the world. Humans do relate to water in different ways in different cultures. With pollution we change the oceans inside out – influencing life and behavior of the whole cybernetic loop of the interconnected ecosystem* [El objetivo del proyecto es hacer visibles estos contaminantes antropogénicos invisibles, y el patrón de sus efectos en los hábitats acuáticos. Con muestreos de agua y

del fondo marino estamos "buscando un fantasma" en el contexto de nuevas mitologías. Es un viaje a los mares microbianos que forman parte de los cuerpos de agua en todo el mundo. Los seres humanos se relacionan con el agua de diferentes maneras en diferentes culturas. Con la contaminación cambiamos los océanos de adentro hacia afuera, lo que influye en la vida y el comportamiento de todo el circuito cibernético del ecosistema interconectado] (Šebjanič, 2020).

Figura 18. *Nota.* Adoptado de *aqua_forensic at WRO biennial 2019, [Agua Forense en la biennal WRO 2019]*, fotografía de M.E. Kork, tomado de Robertina Šebjanič (https://robertina.net/aqua_forensic/), todos los derechos reservados.

En *Camera Obscura Et Les Artefacts of L'invisible* [Cámara Obscura y los artefactos de lo invisible] (Figura 19 y 20), una colaboración de la artista Vanessa Lorenzo, la científica Sachiko Hirosue y Robin Schreiber, realizada en el espacio de *biohacking Hacterium* en la Universidad de Renens, se visualiza la presencia de mercurio en el agua en uno de los ríos más importantes de Europa, el Ródano. Como sucede con otros muchos fenómenos vinculados a la

contaminación, el mercurio disuelto en agua es totalmente imperceptible a simple vista, por lo que se necesitan artefactos y tecnologías que permitan su visualización. Muchas poblaciones alrededor del mundo pueden estar afectadas por problema similares en sus aguas, contaminadas por la actividad industrial y minera que las emplea como canal y desagüe de químicos y metales pesados, afectando a toda la cadena alimentaria del río y sus ecosistemas aledaños, incluyendo al mismo ser humano que usa estos recursos sin saber su grado de contaminación (Lorenzo, 2017).

¿Cómo la relación entre arte y ciencia puede ofrecer otros canales de comunicación de estas catástrofes? Hirosue y los demás colaboradores del proyecto Design for the Real World [Diseño Para El Mundo Real] han investigado tecnologías que se puedan usar para la detección de metales en el agua usando organismos genéticamente modificados y bacterias coliformes como sensores. El equipo de Hirosue diseña y construye sus propias herramientas de hardware y software de código abierto a través de excursiones, talleres y alianzas con instituciones desarrollando un paquete tecnológico que posibilita la visualización de contaminantes en el agua. Por ejemplo, el FlouMeter es un artefacto que permite medir la cantidad arsénico presente en fuentes hídricas, introduciendo en ellas una bacteria genéticamente modificada con una proteína eGFP (Green Fluorescent Protein) que reacciona ante el arsénico emitiendo fluorescencias al iluminarse por medio de luz ultravioleta (Biodesign.cc, s. f.).

Como parte de la investigación *Design for the Real World* varias muestras de agua fueron recogidas en distintos puntos del río Ródano en Suiza, inoculadas con la bacteria genéticamente modificada como biosensor de metales pesados, y expuestas en el interior de una cámara oscura, en la que se instaló, como elemento principal el floumeter DIY, permitiendo observar a simple vista, la reacción fluorescente de la bacteria y determinar la contaminación por mercurio en esos puntos del río. Mediante este experimento se evidenció la presencia de metales pesados en el rio como consecuencia del vertido de 60

toneladas de mercurio desde 1930, un desastre ecológico que sucede en el valle de este rio en los Alpes (Lorenzo, 2017). Lorenzo dice lo siguiente sobre este trabajo:

> *A work master about the abstract poetry of invisible data hidden in nature and brought visible through the use of cybernetics, DIY machines and bioengineered organisms. By merging electronic media and citizen science, this research and interactive installation uses bio reporters as a tool to gain understanding of a microbe's perception of the Anthropocene* [Una obra maestra sobre la poesía abstracta de los datos invisibles ocultos en la naturaleza y visibilizados mediante el uso de la cibernética, las máquinas DIY y los organismos de bioingeniería. Al fusionar los medios electrónicos y la ciencia ciudadana, esta investigación e instalación interactiva utiliza medios bioinformáticos como una herramienta para comprender la percepción que tiene un microbio del Antropoceno.] (Lorenzo, 2016).

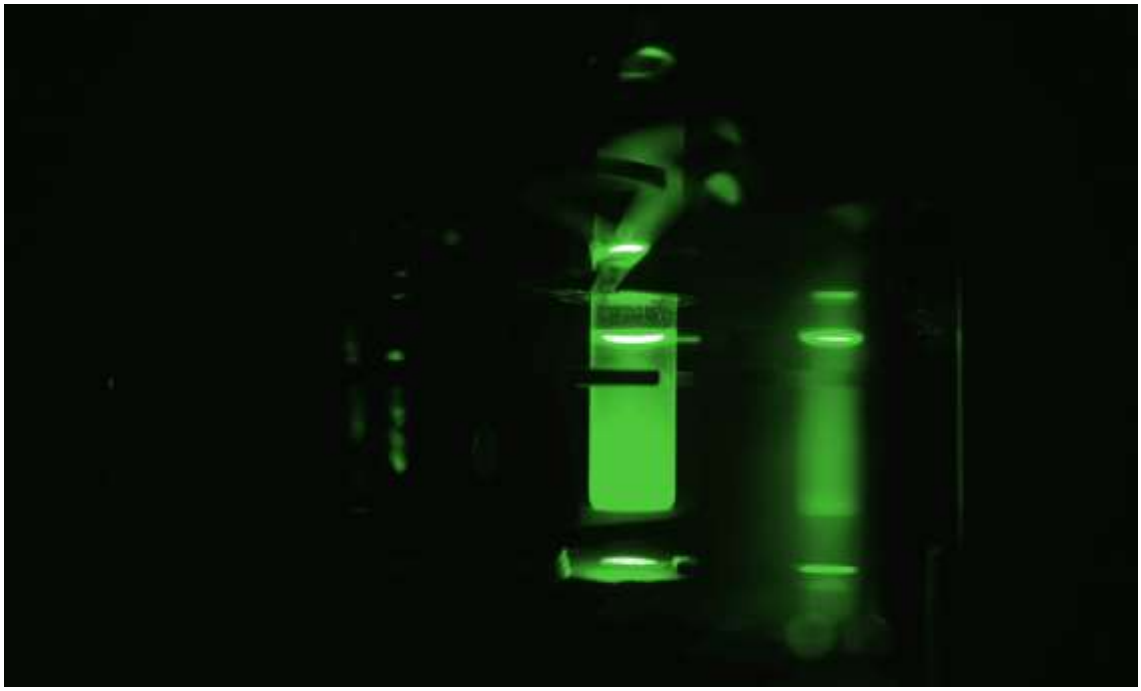

Figura 19. Nota. Adoptado de Edited photogram from the vídeo "Camera Obscura and the Artefacts of the Invisible" [fotograma editado del vídeo Camera Obscura y los Artefactos de lo Invisible], vídeo de Simon de Diesbach, 2016, tomado de Vanessa Lorenzo (https://hybridoa.org/cameraobscura), creative commons (CC-BY-3.0).

Figura 20. *Nota.* Adoptado de *"Camera Obscura and the Artefacts of the Invisible" [Camera Obscura y los Artefactos de lo Invisible]*, fotografía de Raphaëlle Mueller, 2017, tomado de Vanessa Lorenzo (https://hybridoa.org/cameraobscura), todos los derechos reservados.

El *Microbiome M-Ark I* (1ra Arca Microbiana) (Figura 21) de Byron Rich y John Wenskovitch es un proyecto especulativo que plantea un escenario futuro en el que la humanidad ha vuelto inhóspito el planeta debido a los efectos del cambio climático y en el que la única alternativa posible es esperar a que el clima se regule y el fenómeno revierta. En este hipotético contexto, M-Ark plantea una serie de satélites que saldrán de la tierra con muestras de microbioma humano que estarán en hibernación hasta el momento que sean necesarias. "*This small satellite is designed to crash back down to earth at such a point that climate conditions have once again become favourable, kick-starting panspermia and possibly altering the evolutionary journey of another species"* [Este pequeño satélite está diseñado para volver a estrellarse contra la Tierra en un momento en el que las condiciones climáticas sean, de nuevo, vuelto favorables, iniciando una panspermia y posiblemente alterando el viaje evolutivo de otra especie] (Rich, 2017).

Figura 21. *Nota.* Adoptado de *M-Ark exhibited at Science Museum Dublin [M-Ark exhibido en el Museo de Ciencia de Dublín]*, Fotografía de Baron Rich, 2017, tomado de Byron Rich (http://byronrich.com/M-Ark-I-Microbiome-Ark-2017), todos los derechos reservados.

2.5. Genéticamente modificados

La técnica conocida como *Polymerase Chain Reaction* (PCR) [Reacción en Cadena de la Polimerasa], inventada por Kary Mullis en 1985, es uno de los procedimientos más conocidos en biología molecular, mediante el cual es posible realizar copias y amplificar fragmentos del ADN de una muestra en poco tiempo, lo que permite analizar e intervenir el código genético de manera relativamente sencilla. Esta técnica ha producido un estallido tanto en la investigación como en la industria de la ingeniería genética, lo que ha desencadenado en su rápido perfeccionamiento como se refleja en la drástica disminución de sus costos y en la posibilidad de realizar el procedimiento de forma sencilla en un laboratorio con condiciones básicas y solamente unos pocos instrumentos. En las comunidades del DIYbio y el *biohacking* se pueden encontrar manuales para elaborar instrumentos científicos de código abierto y bajo coste como termocicladores, centrifugadoras o cámaras de electroforesis, esenciales para realizar procedimientos de PCR, estos equipos se pueden construir en un fablab o comprar a precios relativamente bajos comparados con los equipos comerciales. Como consecuencia, cada vez es más fácil aplicar la PCR y otras técnicas de la biología molecular de manera sencilla y cada vez más democrático, apoyándose para ello en los laboratorios ciudadanos o comunitarios.

La artista Heather Dewey-Hagborg en la ciudad de Nueva York en 2012, en el proyecto *Stranger Visions* [visiones de un extraño] (Figura 22 y 23) colecta cabello, goma de mascar y colillas de cigarrillo de las calles, baños públicos y salas de espera, con la intención de extraer el ADN de esos elementos como una indicación genética de las personas que los abandonaron, información almacenada de cada individuo. Por medio de la técnica PCR los fragmentos de ADN de las muestras son ampliados y purificados para encontrar los rasgos físicos específicos de esa persona a través de las bases de datos del genoma humano. La información genética ofrece datos de los rasgos físicos específicos de cada persona, como un retrato identificable con apariencia real. Con esta

información Dewey-Hagborg produce esculturas a tamaño real de caras modeladas por ordenador, que se corresponderían con los rasgos de las personas propietarias de los objetos encontrados de los que se colectan las muestras. Estos modelos, impresos en 3D a todo color, son una provocación, que busca confrontar a los espectadores con la posibilidad de que un intruso pueda examinar su ADN e inspeccionar su identidad. La artista quiere que el público se pregunte qué significa la privacidad, y se dé cuenta de que una artista cómo ella puede saber más sobre cada uno de ellos que, tal vez, su médico. (Dewey-Hagborg, 2013). Para este trabajo Dewey-Hagborg contó con el apoyo de *Genspace* un biolab comunitario en la ciudad de Nueva York, en el que la artista realizó la investigación y los procedimientos de laboratorio. *Genetic monitoring has been the subject of science fiction for years, but with biotechnology's decreasing costs and increasing accessibility through "DIY bio" and community laboratories, it's becoming a reality. In this new world, the very things that make us human, such as hair, skin, and saliva, become a liability as we constantly shed them in public, leaving artifacts for anyone to mine for information* [El monitoreo genético ha sido tema de ciencia ficción durante años, pero con la disminución de los costos de la biotecnología y el aumento de la accesibilidad a través de laboratorios comunitarios y de "DIYbio", se está convirtiendo en una realidad. En este nuevo mundo, las mismas cosas que nos hacen humanos, como el cabello, la piel y la saliva, se convierten en un lastre, ya que las arrojamos constantemente en público, dejando artefactos para que cualquiera puede extraer material genético para obtener información] (Dewey-Hagborg, 2013).

Los retratos de la artista revelan la información de los fenotipos, pudiendo deducirse las facciones, el color de los ojos y la piel, identificando a las personas representadas por los rasgos más característico de la población de la que forman parte. Abre un campo de especulación y debate sobre el uso de estas tecnologías forenses en el futuro, y la privacidad de esta información, que es fácilmente obtenible usando metodologías y avances tecnológicos apropiados por el DIYbio y el biohacking.

Figura 22. *Nota.* Adoptado de *Installation at Saint-Gaudens National Historic Site [Instalación en el sitio histórico nacional de Saint-Gaudens],* Fotografía, 2014, tomado de Dewey Hagborg (http://deweyhagborg.com/projects/stranger-visions), todos los derechos reservados.

Figura 23. Nota. Adoptado de *Sample box for NYC sample 4 Installation at Clocktower artist residency [Caja de muestra para la muestra 4 de NYC Instalación en la residencia de artistas Clocktower],* Fotografía, 2013, tomado de Dewey Hagborg (http://deweyhagborg.com/projects/stranger-visions), todos los derechos reservados.

La biología molecular de la segunda mitad del siglo XXI se ha visto impactada por otro gran hito tecnológico conocido como "CRISPR-cas9", un sistema de copiado de bacterias que permite editar, añadir o recolocar fácilmente el código genético de cualquier organismo. En 1993, Francisco Mojica de la Universidad de Alicante identificó secuencias de ADN repetitivas peculiares en el genoma del arqueón *Haloferax,* refiriéndolas como *clustered regularly interspaced short palindromic repeats* (CRISPR) [repeticiones palindrómicas cortas agrupadas regularmente interespaciadas]. Más tarde, mostró que secuencias similares estaban muy extendidas en las procariotas y en material genético coincidente de los fagos (virus que infectan bacterias), en 2005 lo asoció al sistema inmunológico. Posteriormente, en 2012 un grupo de científicos, liderado por Emmanuelle Charpentier de la Unidad de Ciencia de Patógenos en Berlín y Jennifer Doudna de La Universidad de California Berkeley, basándose en las investigaciones de Mojica desarrollaron una herramienta de edición de genes llamada CRISPR-Cas9. Esta tecnología permite ediciones precisas del genoma por lo que está utilizándose globalmente como sistema de edición genética. Tiene innumerables aplicaciones; se investiga su uso en la terapia genética de enfermedades; crea plantas más resistentes; elimina patógenos y más (Lenford y Callaway, 2020). En los últimos años se ha expandido su aplicación no solo por la precisión técnica, sino porque ha bajado notablemente los costos de la edición genética aumentando su accesibilidad, CRISPR-cas9 es una técnica sencilla que se puede hacer de forma segura en condiciones básicas de laboratorio.

Los humanos y los demás seres vivos son genéticamente modificables. En cualquier momento de su vida, incluso desde antes de su nacimiento, es posible cambiar sus condiciones y preestablecer comportamientos mediante la alteración del código genético de sus células por medio de CRISPR-cas9. Esto ha abierto un debate ético sobre su impacto en la medicina, el medioambiente, la sociedad, en la economía, en la privacidad, etc. Las implicaciones del uso de esta técnica aún no están muy claras, pero puede generar transformaciones a nivel social y cultural queden lugar a un nuevo orden del ser humano, con nuevas costumbres y relaciones con otras especies transgénicas o cuyo ADN

hayan sido manipulado. Lo impuesto desde lo biológico, como el género, el tipo sanguíneo, los hábitos, la herencia, la raza, puede modificarse artificialmente; CRISPR-cas9 es el comienzo de una nueva era tecnológica liderada por la biología molecular de posibilidades inimaginables.

¿Y si el amor pudiera extenderse como un virus? Es la pregunta que se hace Heather Dewey-Hagborg en otro proyecto desarrollado en 2019 con el nombre de *Lovesick: The Transfection* [Enfermedad de amor: la transfección] (Figura 24), en el que trabajó en colaboración con un grupo de investigación del Integral Molecular de Philadelphia, una compañía de biotecnología especializada en el descubrimiento de anticuerpos. El objetivo de Dewey-Hagborg fue la creación de un retrovirus genéticamente modificado para que al infectar a su huésped humano produjese en el un aumento de la producción de la hormona oxitocina. En las personas, un incremento de la producción natural de oxitocina se asocia asentimientos de amor y unión, monogamia y devoción, y en la promoción de la empatía y la conexión. Partiendo de esta base, el trabajo de la artista se concibe como una intervención activista, para difundir el afecto y el apego y para combatir la alienación y el odio del presente (Dewey-Hagborg, 2019). El virus se consume oralmente y es almacenado en pequeños envases de vidrio; en el momento de estar en contacto con la boca, se empieza a incubar y al llegar a la sangre infecta el sistema endocrino, haciendo que produzca más oxitocina. La conducta del individuo cambia, puesto que la hormona, que también se activa con el sexo y el parto, está asociada a la sensación de bienestar, el enamoramiento, y la atracción del cuerpo con otros cuerpos. Tomar este virus se convierte en un acto irreversible, la infección estará en el cuerpo hasta que las defensas de la persona sean capaces de combatir la amenaza, o hasta que se descubra un antídoto.

> *I imagine a lovesick future in which individuals, couples, and groups consume this virus by smashing open the glass vials and pouring the fluid into their mouths, while chanting the letters together or humming to themselves, the amino acids of oxytocin, 'CYIQNCPL'"* [Me imagino un futuro amoroso en el que las personas, las parejas y los grupos consumen este

virus al abrir los frascos de vidrio, verter el líquido en la boca, incubar durante varios segundos, luego tragar, mientras cantan entre ellos o tararean para ellos mismos, "CYIQNCPL"] (Dewey-Hagborg, 2019).

Figura 24. *Nota.* Adoptado de *Lovesick: the transfection [Enfermedad de amor: la transfección]*, Fotografía, 2019, tomado de Artsy (https://www.artsy.net/artwork/heather-dewey-hagborg-lovesick), todos los derechos reservados.

In posse [Latin, antes de haber nacido] (Figura 25) es una obra en proceso iniciada en 2019 por la artista Charlotte Jarvis, en colaboración con la doctora Susana Chuve de Sousav Lopes del Centro Médico de la Universidad de Leiden que se está desarrollando en *Biotehna*, un laboratorio de biotecnología para artistas, científicos y público en general que investigue con sistemas vivos, del instituto Kersnikova en Ljubljana. El objetivo de *In Posse* es desarrollar semen femenino usando CRISPR-cas9. La artista propone fabricar espermatozoides femeninos con sus células madre. Esta idea se propone con intención de

confrontar el sistema patriarcal actual imaginando un mundo donde las mujeres pueden producir su propio semen y reproducirse sin necesidad de un hombre. Jarvis indaga así en la relación entre género y el cuerpo, redefiniendo las ideas tradicionales de familia, política, cultura e incluso medicina, cuestionando el rol preestablecido por el sexo, siendo el cuerpo sexualizado una frontera que puede ser eliminada a través de la tecnología del siglo XXI. Con el uso de la ingeniería genética, el cultivo de células madre y tejidos Jarvis crea una narrativa más allá del hecho científico, llevando la biología molecular a escenarios éticos y filosóficos; la posibilidad de eliminar la participación del hombre en la reproducción nos enfrenta lleva a repercusiones sociales y culturales derivados del actual contexto machista.

> *Throughout history semen has been revered as a magical substance – a totem of literal and symbolic potency. Patriarchal societies have described semen variously as life force, substance of the soul, a drop of the brain, divine, equal to ten drops of blood and that which sows the seeds of virtue in the female soul. In Posse aims to rewrite this cultural narrative; to use art and science to disrupt the hierarchy* [Durante la historia el semen se ha venerado como una sustancia mágica, un tótem de potencia literal y simbólica. Las sociedades patriarcales han descrito el semen como fuerza vital, sustancia del alma, una gota del cerebro, divina, igual a diez gotas de sangre y aquello que siembra las semillas de la virtud en el alma femenina. In Posse pretende reescribir esta narrativa cultural; usar el arte y la ciencia para alterar la jerarquía (Jarvis, s. f).

El trabajo en el laboratorio se inicia fabricando células alteradas a partir de otras tomadas de la sangre y la piel de la artista. Estas células tienen cromosomas femeninos, por lo que un primer paso es hackear el cromosoma XX para introducir genes XY. Hecho esto las células alteradas son ahora

masculinas, y se pueden reproducir y cultivar gametos partiendo de éstas, produciendo espermatozoides, como las que se producen en los testículos. El fluido del semen se fabrica también en el laboratorio, en un fluido que incluye proteínas, fructosa, ácido láctico y celulosa. En *In Posse* se plantea una investigación de carácter activista subrayando el potencial de cambio y subversión social que posibilita la biotecnología, que permite, entre otras cuestiones, a reevaluar las nociones de género en el presente y en el futuro. Como una reinvención del antiguo festival griego de Thesmophoria, Jarvis imagina un encuentro en el que los hombres tienen prohibido conocer o participar en los ritos, en el que distintas mujeres alrededor del mundo podrían usar su propio semen para repoblar el mundo sin patriarcado avanzando hacia un futuro en el que se repare el equilibrio de poder de género-genital. (Jarvis, s. f.)

Figura 25. *Nota.* Adoptado de *Female Semen Version 1. [Semen Femenino primera versión]*, Fotografía de Miha Godec, tomado de Charlotte Jarvis (https://cjarvis.com/in-posse/), todos los derechos reservados.

En su obra *Pulcher Aereus Filum* [del Latin, un hermoso hilo dorado] (Figura 26 y 27) del músico y *biohacker* Jaime Lobato del año 2017, reflexiona sobre

la naturaleza de la información en la computación no convencional. Lobato propone una posibilidad biotecnológica basada en la investigación de la biocomputación, construyendo herramientas de cómputo a partir de un lenguaje químico derivado de un microorganismo genéticamente modificado. Junto con un grupo de trabajo transdisciplinar, Lobato modifica una bacteria, la *Escherichia Coli,* para atribuirle las propiedades bioluminiscentes del alga *Vibrio Fischeri*, buscando que brillen de forma intermitente, por comunicación bioquímica, generando una oscilación. Las bacterias, se sincronizan periódicamente, y como consecuencia emergen distintos ritmos y patrones fotoluminiscentes, que podrían ser usados, según el artista, como una computadora de bacterias (Lobato, 2017). Las secuencias podrían llegar a ser traducidas como información y los cambios bioquímicos en el ambiente como datos de retroalimentación que afectarían el comportamiento de las bacterias, esto nos permite llegar a imaginar esta computadora como un artefacto en el que el núcleo principal de procesamiento es una colonia de bacterias. Lobato explica esta pieza, que se integra en un sistema de *computing vision* [visión informática] comunicado mediante la oscilación de las bacterias de la siguiente manera.

> *Finally the synthesis in the audiovisual piece, the data generated by our two computers were used to generate the form of the piece both visually and sonorously, this is the representation of the two spaces coexisting with each other in a space, virtual parameters that act in collaboration to generate the final piece. One controlling the patterns he performs in a generative vídeo mapping on the acrylic bas-relief, as well as the spatialization of the sound composition* [Finalmente la síntesis en la pieza audiovisual, los datos generados por nuestros dos ordenadores se utilizaron para generar la forma de la pieza tanto visual como sonoramente, esta es la representación de los dos espacios conviviendo entre sí en un espacio de parámetros virtuales que actúan en colaboración para generar la pieza final. Uno de ellos

> controla los patrones que realiza en un *videomapping* generativo sobre el bajorrelieve acrílico, así como la especialización de la composición sonora] (Lobato, 2017).

En esta obra transmedial, por tanto, se ponen en comunicación dos computadoras, una de bacterias y una convencional para recrear una experiencia estética de imagen y sonido que están siendo generada de forma espontánea, aunque controlada, por este diálogo entre sistemas vivos y artificiales. Este trabajo fue desarrollado en el laboratorio comunitario Independencia Biolab en la ciudad de México, espacio fundado por Jaime Lobato y Alfonzo Castillo (biólogo) en 2017, dedicado al bioarte, que ofrece servicios de investigación, residencias artísticas, desarrollo de piezas, talleres y seminarios tanto para artistas como para científicos.

Figura 26. Nota. Adoptado del *bioartista Jaime Lobato cultivando Escherichia Coli genéticamente modificada*, Fotografía, 2017, tomado de Jaime Lobato (http://www.jaimelobato.com/en/work/installation/pulcher-aureus-filum/), todos los derechos reservados.

Figura 27. *Nota.* Adoptado de *instalación Pulcher Aureus Filum*, Fotografía, 2017, tomado de Jaime Lobato (http://www.jaimelobato.com/en/work/installation/pulcher-aureus-filum/), todos los derechos reservados.

2.6. Biomateriales-endosimbiosis

Los impactos ambientales consecuencia de la actividad industrial son patentes en el siglo XXI. La explotación masiva de la naturaleza y sus recursos en búsqueda de materias primas, el uso de hidrocarburos para el consumo energético, la producción de plásticos, la ganadería y la agricultura en masa, entre muchas otras, está desestabilizando los fenómenos naturales y causando la devastación y polución de ecosistemas. Ante esta situación de emergencia se hace necesario plantear cambios en los sistemas de producción modernos para hacerlos más sostenibles y limpios. Es este punto, la biotecnología se presenta como una oportunidad para repensar la producción industrial abriendo un gran espectro de posibilidades. La especie humana podría plantearse nuevas relaciones biológicas con otros sistemas vivos y empezar a establecer otros tipos de simbiosis que fueran benéficas para los ecosistemas. Los sistemas vivos, interespecie, híbridos, biocibernéticos, genéticamente modificados, semivivos son una posible solución ante esta problemática puesto que ofrecen métodos de biorremediación u obtención de energía y recursos de cero impacto. Todos estos sistemas podrían sumarse al holobionte humano formando un todo vivo unificado, que incluiría el microbiota o los seres vivos domesticados, pasando por las bacterias, hongos, plantas, animales, etc., que conviven en complicada simbiosis dentro de una sociedad de casi 8 billones de personas.

Los avances de la biología y el alcance de sus técnicas despeja el camino para que otras disciplinas puedan apropiar sus conocimientos en trabajos transdisciplinares. El laboratorio científico se expande y se colectiviza, trasladando la investigación a espacios del arte, del diseño y de la arquitectura, vinculando investigaciones en biotecnología con la experimentación con materiales y el diseño de producto, con el objetivo de afectar las masas y ofrecer soluciones biotecnológicas al mercado. *"Biodesign refers specifically to the incorporation of living organisms or ecosystems as essential components, enhancing the function of finished work. It goes beyond mimicry to integration,*

dissolving boundaries between the natural and built environments and synthesizing new hybrids typologies" [El biodiseño se refiere específicamente a la incorporación de organismos vivos o ecosistemas como componentes esenciales, potenciando su función en la pieza terminada. Va más allá del mimetismo, hacia la integración, disolviendo las fronteras entre los entornos naturales y construidos y sintetizando nuevas tipologías de híbridos] (Myers, 2018).

Los nuevos materiales crecen a partir de seres vivos, y la forma en que se construye el objeto deriva de procesos de ensamblaje y producción distintos a los convencionales. Ya sean cultivados, fermentados, o modificados genéticamente, se están explorando otras formas de producción de nuevos materiales basados en procesos simbióticos y transmediales. Esto cambia la noción del objeto y su funcionalidad, y la relación entre estos, los seres vivos y los ecosistemas, pudiendo derivar, incluso, en una mejor integración del holobionte humano.

> *Biodesign harnesses living materials, whether they are cultured tissues of plants, and embodies the dream of organic design: watching objects grow and, after this first impulse, letting nature, the best among all engineers and architects, run its course. It goes without saying that when the materials of design are not plastic, wood, ceramics, or glass, but rather living beings or living tissue, the implication of every project reaches far beyond the form/function equation and any idea of comfort, modernity or progress.* [El biodiseño aprovecha los materiales vivos, ya sean tejidos cultivados o plantas, y encarna el sueño del diseño orgánico: ver crecer los objetos y, tras este primer impulso, dejar que la naturaleza, la mejor entre todos los ingenieros y arquitectos, siga su curso. No hace falta decir que cuando los materiales del diseño no son el plástico, la madera, la

> cerámica o el vidrio, sino seres vivos o tejidos vivos, la implicación de cada proyecto va mucho más allá de la ecuación forma/función y de cualquier idea de confort, modernidad o progreso] (Myels, 2018).

En la industria de la moda, por ejemplo, la investigación en biomateriales se ha dado paso; ya que las crecientes preocupaciones éticas de los consumidores permiten a que las marcas consideren su impacto social y ambiental, y busquen alternativas más "sostenibles", lo cual está impulsando la innovación en el sector. El cambio en las tendencias de consumo está relacionado con la búsqueda de una menor huella de carbono, reducir el uso de los materiales sintéticos (especialmente los producidos con combustibles fósiles), limitar el cambio climático, y el consumo de hidrocarburos. La guerra contra los plásticos y el rápido crecimiento de veganismo impulsan la investigación en biomateriales para encontrar alternativas a los materiales derivado de animales (Lee et al., 2021).

El equipo de *Biofabricate*, una empresa dedicada a la innovación en biomateriales en Nueva York representó en un esquema (Figura 28) los conceptos básicos acerca de que son, cómo se construyen y como se relacionan distintos tipos de biomateriales. Todos los biomateriales tienen una base biológica y obtenida de la biomasa, ya sea de plantas, árboles o animales, excluyendo todos los derivados del petróleo. Ejemplos de biomateriales son los materiales biosintéticos, poliméricos sintéticos compuestos de tipo polimérico, total o parcialmente compuestos de bioderivados, obtenidos por vía de la conversión catalítica de biomasa o usando microorganismos en procesos de fermentación. Los materiales biofabricados, en cambio, son producidos por células vivas y microorganismos como bacterias, levaduras y micelios, bien como la seda o el colágeno, que necesitan de un proceso mecánico o químico para construir una estructura a macro escala, o como los bioensambles, materiales que han crecido directamente de microorganismos vivos como micelios o bacterias.

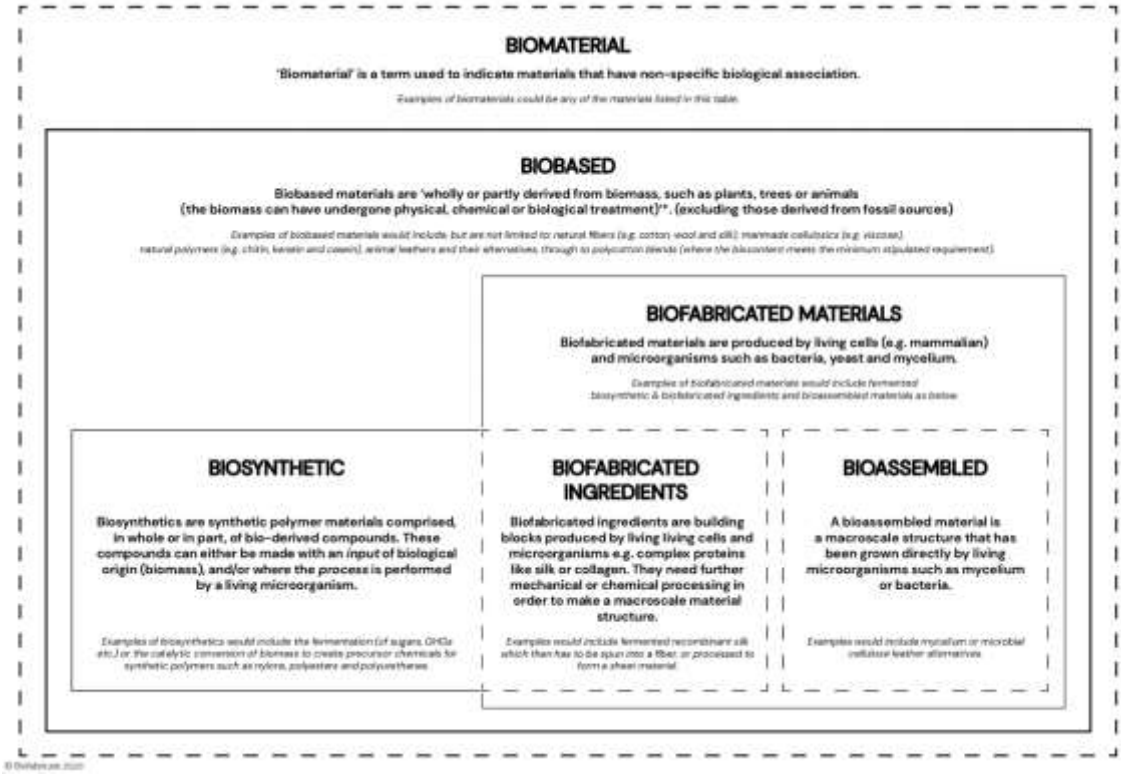

Figura 28. *Nota.* Adoptado de *Defying Bio*, *[Definiendo Bio]*, Esquema, 2020, tomado de *Understanding «Bio» Material Innovations* (p. 7), todos los derechos reservados.

Bajo esta perspectiva Suzanne Lee, diseñadora de modas y cofundadora de *biofabricate*, motivada por el despilfarro de la industria textil, empieza a investigar en prácticas de producción textil empleando métodos científicos, especulando acerca de posibles futuros en este campo. En 2003 inicia el proyecto *Biocouture*, en el que desarrolla una técnica para hacer crecer textiles, usando levaduras, bacterias y té kombucha para crear tejidos cultivables. Su práctica viene motivada por una preocupación con respecto a los procesos dañinos para el medio ambiente de gran parte de la producción textil convencional. Sus prendas, aunque no son impermeables o de hecho no se pueden usar convencionalmente, son completamente biodegradables y no contienen productos químicos nocivos en su producción (Horton y Payle, 2018). Esta producción de Lee usa el bioensamblaje para hacer crecer un material experimental derivado de un proceso bioquímico y de la interacción simbiótica de varios microorganismos.

La kombucha es una bebida fermentada a partir de té, muy popular en Asia y reconocida por ser saludable para el cuerpo. Es fruto de una simbiosis de varios microorganismos incluyendo bacterias y levaduras llamado Scoby (*Symbiotic Culture Of Bacteria and Yeast*). Durante su crecimiento desarrolla una membrana celulosa que sirve como protección al medio; al secar, esta membrana se convierte en un material muy resistente parecido al cuero animal o al papel, dependiendo del espesor. Además, tiene otra propiedad, adquiere la forma del recipiente donde se cultive, por lo que se puede moldear desde el crecimiento. Esta cualidad ha vuelto a la kombucha un medio biológico de experimentación e investigación como lo demuestra la investigación de Lee y su equipo, la kombucha es un biomaterial que podría ser usado en la industria local, puesto que se trata de un producto compostable, de baja huella de carbono y libre de maltrato animal. Dice Lee sobre *Biocouture*:

> *These prototypes indicated a field offering significant resource efficiencies. From reducing the water, energy and chemistry needed in the production of a material, through to generating zero waste, we grew fabrics to finished form if you like, "biological additive manufacture"* [Estos prototipos apuntan a un campo que ofrecía importantes eficiencias de recursos. Desde la reducción del agua, la energía y los químicos necesarios en la producción de un material, hasta la generación de cero residuos, cultivamos telas hasta su forma terminada, como si dijéramos "fabricación aditiva biológica"]. (Lee, 2019)

Figura 29. *Nota.* Adoptado de *A range of jackets from BioCouture [Una gama de chaquetas de BioCouture]*, fotografía, tomado de Carnegie Mellon University (http://xsead.cmu.edu/works/85), todos los derechos reservado.

Las prendas de vestir están en contacto directo con nuestro cuerpo, con las células de la piel y la microbiota; lo que genera interacciones entre ellas. Nuestro atuendo tiene la capacidad de provocar o mitigar el crecimiento de colonias de los miles de microorganismos que habitan la piel y también puede aislar o poner en contacto nuestro cuerpo con los microorganismos del ambiente, comportándose como una membrana selectiva y por tanto como una segunda piel. Partiendo de ello ¿qué sucede si esta segunda piel está viva o

semiviva y por tanto interactúa de forma simbiótica con la piel y su microbiota? Parece posible desarrollar tejidos con esta función de membrana que puedan ser parte de tratamientos médicos en los que la piel requiere regularse, es necesario curar una herida o debe frenarse una infección, generándose entre nosotros y nuestras prendas de vestir simbiosis temporales.

"Thr34d5" es un medialab de París que está investigando las posibilidades de producción de biomateriales en proyectos de diseño en las intersecciones entre el código abierto y la artesanía. Sus integrantes están interesados en explorar, desde la discusión y el compromiso social, técnicas y materiales que se puedan hacer en comunidad y de forma local. "Thr34d5" realizan prácticas alrededor del biodiseño y el diseño computacional que les permite explorar colectivamente estas temáticas directamente en campo, siguiendo metodologías de investigación-acción-participación. En particular, en este medialab, se investiga el uso del Scoby como material para la biofabricación lanzándose un programa para la investigación abierta repara explorar las propiedades de la kombucha (Svoboda, 2020).

En el proyecto *reGROW* [volver a crecer] (Figura 30), desarrollado por Thr34d5 se cultivan prendas de vestir que pueden tener un alto potencial médico para la rehabilitación de pacientes con enfermedades y dolencias en la piel realizados a partir de kombucha. La capacidad de retención de líquidos y las propiedades hidratantes llaman la atención sobre este material, que podría emplearse como una membrana para la administración de medicinas o compuestos activos que sean parte de la constitución bioquímica del propio Scoby. En este caso el producto tiene color marrón debido a la presencia de antocianinas y resveratrol, un compuesto antioxidante extraído en su mayoría de residuos de uvas para vino. El color de la prenda es un bioindicador del estado de concentración del antioxidante, lo que ayuda a saber el momento en que los pacientes deben cambiarse la bata. Los bajos costos y el hecho que se pueda producir de forma local abren un espectro de posibilidades de uso y

producción sin necesidad de grandes infraestructuras, reutilizando residuos orgánicos que de otra forma terminarían en la basura (Rigoberbino, 2018).

Figura 30. *Nota.* Adoptado de *Bata reGROW*, fotografía de Surzhana Radnaeva, tomado de thr34d5 (https://thr34d5.org/2019/08/20/regrow/), todos los derechos reservados.

La generación de energía eléctrica a través de microorganismos es un fenómeno que se conoce desde principios del siglo XX y ya en 1931 Barnett Cohen desarrolló un primer artefacto que generaba corriente eléctrica por medio de un material orgánico, pero solo desde la década de los setenta se investiga el modelo tecnológico llamado *Microbial Fuel Cell* (MFC) [Celda de Combustible Microbial], que usa bacterias anaeróbicas como medio catalítico para oxidar materia orgánica e inorgánica y general energía eléctrica. En las MFC los electrones son producidos por las bacterias como parte de su sistema metabólico, y se transfieren del ánodo (polo negativo) al cátodo (polo positivo) produciendo un flujo eléctrico (Logan et al, 2006). Varios tipos de configuraciones de MFC son posibles, incluso existen modelos DIY tan sencillos como los que se elaboran con dos botellas conectadas por un tubo de sal, u

otros que usan cerámica o membranas realizadas con nanomateriales para lograr una mejor transferencia de electricidad. Este campo de investigación es amplio y continua en crecimiento, en este momento se está trabajando con tecnologías experimentales para extraer la electricidad de los desechos o de procesos de fermentación o descomposición de materiales orgánicos, siendo una posibilidad de fuente de energía limpia que podría usarse en un futuro cercano para la producción de electricidad.

El artista Gilberto Esparza en su obra "plantas fotosintéticas" (2013-2014) (Figura 31) incluye las MFC como parte de un sistema simbiótico creando una máquina concebida como un ecosistema robótico autónomo hecho de componentes electrónicos y elementos vivos. Las plantas fotosintéticas de Esparza toman agua contaminada y filtran sus químicos y metales pesados para liberar oxígeno y energía eléctrica que se emplean como fuente de energía para el propio funcionamiento del sistema que es totalmente autosuficiente. La energía extraída produce incluso la luz necesaria para que las plantas y algas de este complejo simbiótico puedan hacer fotosíntesis (Hausen, 2015). Además de ofrecer una lectura crítica sobre las consecuencias políticas y ambientales de las tecnologías, Esparza reflexiona sobre el uso de la biotecnología para mostrar la vida microscópica del agua y evidenciar sus efectos macroscópicos en la autoconservación de los ecosistemas. La obra se presenta en forma de híbrido mediático que tiene partes de máquina y partes orgánicas y vivas, como microorganismos, crustáceos, algas y plantas que constituyen el aparato digestivo que procesa agua residual y genera como resultado agua potable y descontaminada en un ciclo de biodegradación y autorregulación (Debatty, 2015).

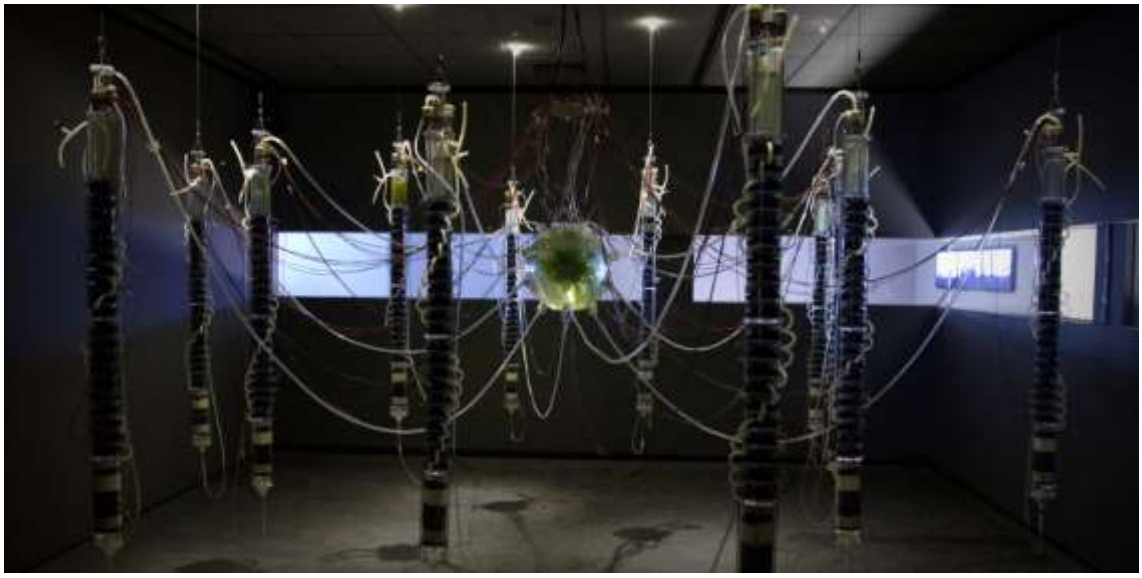

Figura 31. *Nota.* Adoptado de *AutoPhotosynthetic plant's installation [plantas fotosintéticasinstalación]*, fotografía, 2015, tomado de Ars Electronica (https://ars.electronica.art/aeblog/en/2015/07/27/kuenstlerische-denkanstoesse-fuer-die-oekologische-entwicklung/), todos los derechos reservados.

En Nidos de Equilibrio (Figura 32), una bioconstrucción *site-specific* realizada por la artista Ana Laura Cantera, se usa los principios de las MFC para construir un modelo integrado en la arquitectura. La obra se ejecutó durante la residencia de la artista en *Rural Scapes* [escapes rurales] un laboratorio que pone el foco en la investigación, la reflexión, las prácticas artistas interdisciplinares y la producción crítica, en un ambiente rural agrícola en plena explotación. Para Nidos de Equilibrio Cantera desarrolló un modelo en el que las MFC se integran en ladrillos de barro combinado con material orgánico en descomposición. Los ladrillos se fabricaron en colaboración con una comunidad de jóvenes de São José do Barreiro en Brasil, localidad dónde se desarrolló la residencia, integrando a la población local en el proceso, favoreciendo el intercambio de conocimientos. Los ladrillos de barro combinados con material orgánico en descomposición funcionan como generadores de microelectricidad desde la misma materia con la que se construye el habitáculo, lo que permite que una pequeña bombilla brille en su interior (Cantera, 2018). El haz de luz eléctrica es una evidencia de la existencia del mundo microscópico de los nidos, como en otras obras, este mundo microscópico puede considerarse parte del holobionte a nivel energético, desdibujando las fronteras entre el ser humano

y los lugares que habita evidenciando la presencia de microorganismos en ellos.

Figura 32. *Nota. Adoptado de Nidos de equilibrio construcción site-specific durante la residencia ruralscapes*, fotografía, 2014, tomado de Ana Laura Cantera (https://www.analauracantera.com.ar/nidos), todos los derechos reservados.

2.7. Conclusiones parte I

En la disertación de los referentes presentados en este capítulo se puede observar cierta tendencia hacia un tipo de arte "simbiótico" que se abre paso a través de la diversidad temática, metodológica, procesual, interpretativa y representativa. Todos los artistas expuestos han necesitado establecer

estrechas relaciones transdisciplinares para poder llevar a cabo la producción de las obras de arte. Desde *Homage to New York*, primera colaboración arte-ciencia en un contexto moderno, entre Klüver y Tinguely se establece un diálogo de lenguajes aparentemente alejados como el arte y la ingeniería pero que, en el momento en que entran en contacto, encuentran puntos en común tanto técnicos, como conceptuales y mediales. Existe un propósito conjunto, aunque no necesariamente se lancen las mismas preguntas en cada disciplina, sino que cada una adapta la investigación sus propios procedimientos y búsquedas, lo que enriquece el resultado y, además, retroalimenta a todas las partes implicadas. Los artistas dentro de los laboratorios alcanzan soluciones o provocan problemas inesperados aplicando la tecnología de manera más libre experimentando sin temor al error o la serendipia.

Relacionándose directamente con la biología, el trabajo de Steichen y posteriormente el de Gessert plantean distintas formas de hacer ciencia desde laboratorios caseros o "de garaje" con intención estética, usando la genética mendeliana como técnica para intervenir en el fenotipo de seres vivos. Las imágenes en las plantas son sutiles y altamente calculadas; ambos artistas durante años, con rigor científico, las intervienen generación tras generación haciendo difusas las fronteras entre naturaleza y representación, arte y vida. Estas obras vivas son consecuencia de una selección artificial controlada, son imágenes logradas por un proceso de creación artístico-científico. Lo mismo ocurre en *Nature?*, donde De Menezes usa como medio artístico la embriología, en una colaboración directa con científicos especialistas en este tema. De Menezes se pregunta los límites cada vez más difusos entre lo natural y lo artificial, desarrollando un escenario en el que, el propio experimento, cuestiona las técnicas, desarrollos e investigaciones de la ciencia. La obra provoca cambios que son errores en la naturaleza, mutaciones espontáneas que solo pertenecen a ese individuo, producidas por métodos científicos que permiten la intervención humana en los seres vivos.

El desarrollo de la ingeniería genética en la segunda mitad del siglo XX ha cambiado la comprensión de los sistemas vivos, generando avances relevantes en la concepción de lo biológico y su impacto en la sociedad. La investigación de productos de consumo genéticamente modificados reviste gran interés económico y cultural debido a que puede, al mismo tiempo, generar un bienestar general de la población humana o someterla a nuevas estrategias de control y monopolio. En la performance *Free Range Grain* el colectivo *Critical Art Ensemble* usa el espacio de la galería como un lugar de encuentro, discusión y debate acerca estos temas a través de la práctica. El laboratorio científico es trasladado a otro espacio y se usa para buscar evidencias de esta cuestión cotidiana e invisible que afecta directamente a poblaciones enteras que consumen productos genéticamente modificados en el total desconocimiento sobre su origen. Desde la experiencia pedagógica y la divulgación se enfrenta al espectador con los avances científicos y sus problemáticas sociales, culturales, económicas y éticas. También abre el campo a una ciencia activista, pública y de garaje, con objetivo crítico, usando medios biotecnológicos para demostrar que es posible un arte con base científica, que libera el conocimiento que durante el proceso creativo se gesta, trasladándolo del interior del laboratorio a esfera pública.

En su proyecto Microvenus, Davis, en colaboración con científicos especialistas, se apropia de medios de la ingeniería genética y computacional, usando las tecnologías de vanguardia de su época. Davis accede a los laboratorios de investigación y establece un diálogo conceptual y técnico entre varías temáticas pertenecientes a distintas ramas del conocimiento, entrecruzando disciplinas y perspectivas epistemológicas combina lenguajes y códigos para generar una imagen abstracta con varias traducciones, que puede ser leída en varias capas de información. Davis, asimismo, refuerza el discurso cultural, al intentar enviar un organismo genéticamente modificado en el Pioneer 10 que, además, pretende ser una pieza de comunicación para una vida inteligente extraterrestre que tendría que saber interpretar el código para llegar a la imagen. Microvenus toca un terreno especulativo al implantar una imagen que ha de ser un ícono del antropocentrismo en la era de la genética, como un

testigo del auge de una nueva ciencia que surge de la combinación entre el arte, la computación y la biología.

Aunque los organismos transgénicos dejaron de ser una quimera en los años setenta y desde entonces los laboratorios han estado experimentando con mezclas interespecie de animales, plantas, bacterias y hongos; hasta la obra *Alba DFP bunny* de Kac, nadie los había colocado en el centro del debate público. Es la obra de este artista la que muestra uno de estos experimentos fuera de las condiciones de laboratorio y normalizar el hecho de que los organismos genéticamente modificados formen parte esencial de las sociedades humanas del siglo XXI. Kac plantea "Alba" como una mascota, situando al animal modificado en el núcleo de la sociedad, en las casas, en las familias, en la cotidianidad. La obra, al igual que Microvenus, nace con el objetivo de permanecer como un referente icónico marcando un antes y un después en el uso de medios tecnológicos con objetivos estéticos, críticos y controversiales. La lucha mediática de Kac por dar a conocer Alba es parte del proceso performático de la obra, que se complementa y se nutre del debate público. El artista logra posicionar la imagen del "conejo fluorescente" como un ícono de la cultura pop, convirtiéndolo en un referente mundialmente conocido, incluso sin llegar a saber si Alba realmente existió y fue creado en el laboratorio o si todo fue un montaje del artista. Esto marca no solo el nacimiento del arte transgénico, sino que el del arte transgénico especulativo, dónde la obra artística se compone no sólo del producto creado, sino también del debate público que este producto genera, normalizando, en cierta manera, el hecho de la existencia o posible existencia de un organismo genéticamente modificado.

La manipulación de tejidos vivos propuesto por TC&A saca la investigación y experimentación científica del laboratorio y la sitúa en contextos de exhibición de arte, en galerías, museos y festivales. La obra *Victimless Leather* lleva a la esfera pública un artilugio biotecnológico que mantiene con vida un fragmento de tejido sin cuerpo, un grupo de células que toman una determinada forma a

conveniencia de los artistas, una materia orgánica "semiviva", concepto que desarrollan Catts y Zurr y que utilizan para explicar teóricamente la obra. Lo semivivo ofrece un espacio para debatir sobre otra de las implicaciones éticas de la biotecnología y especular acerca de sus alcances en el futuro, cuando sea parte de la cotidianidad, ya sea como mascotas, órganos o materiales. En *Victimless Leather* el ser semivivo es obligado a tomar forma de chaqueta de "cuero", plantean la obra se plantea como una opción futurista para la obtención de productos de consumo sin necesidad del sacrificio y sufrimiento animal, pero al mismo tiempo genera el dilema sobre cómo se debe tratar a estos seres semivivos, por ser estos órganos aislados sometidos a la ciencia.

Como lo relaciona Hauser (2008), en el "biomedia" entendido en el sentido de McLuhan, el "medio" es una extensión del cuerpo y desde lo biológico adquiere un sentido propio. Desde los proyectos Genoma Humano y Microbioma Humano se atribuye al cuerpo una hipercomplejidad en la forma de comunicación e interacción con otros seres que viene determinada en el código genético de cada célula, al tiempo que esta información genética puede mutar por efecto de interactuar con los ecosistemas, con otros seres humanos y con su propio microbioma. El cuerpo es información que está activa en cualquier momento posibilitando la relación con su entorno biológico a nivel molecular a través de genes que se comunican y establecen un comportamiento específico, ayudando a mantener complejas simbiosis con microorganismos que determinan distintos procesos orgánicos del cuerpo o pueden producir la muerte y la enfermedad.

En la segunda mitad del siglo XXI varios artistas-científicos toman la vida microscópica como biomedia, desarrollando sus trabajos bajo temáticas que visibilizan las complejas relaciones entre microorganismos, el cuerpo, la microcrobiota, los otros cuerpos y seres. En muchos laboratorios científicos se plantean investigaciones transdisciplinares con enfoque de arte y la ciencia trabajando en conjunto, usando las herramientas tecnológicas disponibles para visualizar fenómenos invisibles e inexistentes a simple vista.

En la obra Cellfie de una forma íntima el doctor Park, desde el perfecto dominio de técnicas de microbiología y microscopía, explora desde el laboratorio de biomedicina con la producción de imágenes de su propia microbiota, la cual cultiva y prepara para la realización de "retratos" fotográficos y vídeos que hacen visible un universo microbiológico propio que es parte integral del cuerpo del artista. La colección realizada por Park proporciona evidencia científica de la existencia de la microbiota, y al mismo tiempo compila imágenes de gran sensibilidad estética que narran fragmentos de la cotidianidad de la vida microscópica.

En el caso de la artista Dimitriu, la obra *Romatic Disease Dress,* investiga sobre la influencia en la sociedad y en la estética de una época, de la enfermedad de la tuberculosis. La enfermedad romántica, como la llama Dimitriu, ilustra un momento histórico alejado de la medicina moderna, sin certezas ni conocimiento científico suficiente para determinar la causa de la tuberculosis, rodeándola de mitos y ficciones. El traje impregnado de la bacteria causante de la enfermedad sin que esto genere riesgo de contagio muestra los alcances de la ingeniería genética, que es capaz de afectar el comportamiento de una bacteria y logra neutralizar su capacidad infecciosa y al mismo tiempo con los antídotos explorados por la medicina de la época romántica plantando una reflexión sobre el papel de la ciencia en la sociedad.

El científico Lapointe hace visible la microbiota de la piel en la obra *1000shakes*, reflexionando sobre la inminente presencia de los microorganismos que la integran y demostrando, a través de un proceso artístico y tecnológico, la variabilidad de estas poblaciones en el momento que una persona interactúa con otros seres humanos. Este artista introduce la performance con participación de público en sus investigaciones, haciendo a los asistentes parte de una obra que se construye de forma colectiva. A través de un acto social simple como es el de chocar las manos, el artista intercambia por un instante parte de su microbiota con la de otro, lo que sitúa a cada participante en un contexto y un momento único. El cambiante microbioma de la mano de

Lapointe durante la *performance* es visibilizado mezclando medios como la secuenciación genética y la computación, comparándose las poblaciones de microorganismos en su palma en diferentes momentos a través de bases de datos y generando imágenes a través de software que visualiza esta información. El resultado es a la vez evidencia científica de un experimento y una imagen con sentido estético generada por ordenador, incorporando distintos medios para la creación artístico-científica.

Los microorganismos de la microbiota afectan de muchas formas al comportamiento humano, son parte de la sociedad e influyen en las costumbres y tradiciones de la especie en todos los sentidos. No existen seres vivos independientes de otros o que no establezcan simbiosis interespecies. Vanouse plantea una instalación artística que hace evidente la presencia de cierto tipo de microorganismos que se expresan a través del olor y afectan el comportamiento social humano. En este caso la acción del trabajo físico es reemplazada por artilugios tecnológicos, bioreactores que cultivan a las bacterias encargadas de generar ese olor, produciendo una atmósfera de fuerza física y mano de obra. El cuerpo humano que realiza la acción está ausente, pero al mismo tiempo presente siendo estos microorganismos y sus procesos metabólicos y bioquímicos la extensión de este cuerpo.

La obra M-Ark I de Rich parte de la ciencia ficción planteando el objeto artístico como una representación de un futuro escenario posible y abriendo un espacio para la crítica y especulación desde el campo conceptual. Rich atribuye a la microbiota gran importancia como parte del cuerpo humano; teniendo en consideración su capacidad de influenciar en el comportamiento de las especies animales aun estando ausente el cuerpo. Por eso, en un hipotético momento de extinción de la raza humana, la microbiota lanzada al espacio en satélites, al regresar al plantea, podría tener la capacidad de atribuir comportamientos humanos a posibles nuevos huéspedes. En esta obra Rich aborda con ironía hechos graves como el colapso climático planteando una solución teóricamente posible pero absurda.

Con un sentido parecido, pero usando un biomedio distinto, el artista Rinaldo en el proyecto *Borderless Bacteria/Colonialist Cash* hace evidente la presencia de microorganismos del cuerpo y del ambiente en los billetes, presentándolos como una plataforma de viaje y de intercambio para la microbiota de las diversas poblaciones humanas y otros microorganismos de la atmósfera que se transportan de esa forma buscando nuevos territorios y huéspedes. Bajo un procedimiento de laboratorio el artista prepara medios de cultivo con los nutrientes y características necesarios para hacer proliferar estos microorganismos, sumergiendo posteriormente el billete en el medio, con el tiempo la presencia de los diversos tipos de microorganismos creciendo se hace evidente. Cada billete, guarda sus propias características biológicas, manteniendo la impronta de los lugares en los que donde ha estado y las manos por donde ha pasado. Los organismos que cohabitan en el billete se expresan en los medios de cultivo creciendo al punto de poder ser apreciados a simple vista, desarrollando imágenes generadas por la interacción de las diversas colonias de seres vivos apareciendo de distintas formas, colores y texturas derivadas de las estructuras celulares sobre los billetes y a su alrededor.

La artista Munguía usa también distintos medios de cultivo de microbiología, pero alterando su forma, saliéndose del formato clásico científico de caja de Petri, para realizar cultivos sólidos en tres dimensiones y seis caras (un cubo). Las variaciones en los medios de cultivo tienen una clara intención arquitectónica estableciéndose un paralelismo conceptual entre los microorganismos y el territorio urbano. Los cubos son "habitáculos" de microorganismos que la artista colectó de distintas atmósferas. En la obra múltiples habitáculos se organizan en estructuras tridimensionales que la artista va ensamblando y dirigiendo, con la idea de construir ciudades para microorganismos. Munguía emplea recursos DIYbio y *Open Science Hardware* (OScH) para desarrollar esta obra, adaptando una impresora 3D con la que puede modelar los medios sólidos de microbiología usados para construir los habitáculos. Este gesto mediático de la artista tiene la intención de reflexionar

sobre la arquitectura, la tecnología y la forma como se conciben las ciudades. Munguía propone un urbanismo microbiológico que permite establecer paralelismos entre los comportamientos coloniales de los microorganismos y los seres humanos, estudiar otras formas de estructurar las ciudades o imaginar utopías de urbes interespecies de origen orgánico.

El artista Roosegaarde en *growing nature* hace uso de la biología y la biotecnología como medio artístico para realizar una instalación que ofrece las condiciones artificiales que permiten poner en contacto a dos especies de entornos distintos; el ser humano y una colonia de algas. La reacción fotoluminiscente del alga, que se activa de forma natural al agitar el agua en que crece es usada en la pieza como herramienta de interacción directa con las personas que tienen la capacidad de detonar este fenómeno con su pies y manos. Está instalación lleva a la sala de exhibición un asombroso suceso de la naturaleza de forma controlada, a través de medios biotecnológicos, cultivando *in vitro* las algas en el laboratorio, permitiendo una acción recíproca interespecie.

Šebjanič y Lorenzo se acercan a la biología desde el impacto que tiene el ser humano en los ecosistemas. Con herramientas para detectar contaminantes en el agua, presentan evidencias científicas del Antropoceno. Los artistas colectan muestras del fondo del océano y de las fuentes de un río para luego analizarlas en el laboratorio, empleando instrumentos y métodos del DIYbio, el OscH y la ciencia ciudadana. Con ello, Šebjanič y Lorenzo plantean posturas de acción y crítica frente a fenómenos del Antropoceno por medio de biotecnologías DIY. En la instalación *camera obscura et les artefacts of l'invisible* Lorenzo, acompañado de un equipo transdisciplinar, mapea y muestrea lugares puntuales, y a través de la práctica del DIYbio desarrolla una obra en múltiples fases, las cuales implican varios medios: desde la modificación genética de bacterias, al diseño y ensamblaje de instrumentación científica DIY, los procedimientos de laboratorio abiertos, la robótica y la computación, así como la propia interacción con el público.

De igual manera, tomando metodologías desde el DIYbio, se desarrolla el proyecto *Stranger Visions* de la artista Dewey-Hagborg, que realiza parte de su trabajo en un biolab ciudadano, dando cabida a prácticas de ingeniería genética fuera de los grandes centros de investigación y ahondando en las posibilidades técnicas y transdisciplinares que pueden desarrollarse en un laboratorio "de garaje", así como también en el uso de herramientas de prototipado digital como modelado por software e impresión 3D. Los retratos escultóricos producidos por Dewey-Hagborg llevan a la esfera pública una problemática que deriva del uso de la tecnología forense para invadir la privacidad de los individuos. Hoy en día cualquier rastro orgánico dejado inconscientemente por una persona proporciona información genética que muestra muchos rasgos particulares y privados de ella. La forma en que los medios se usan en esta obra es una prueba de los alcances de esta tecnología de reconocimiento de ADN ahora al alcance de cualquier persona. Con un conocimiento básico de los procedimientos y con algunas herramientas de laboratorio, se puede tener acceso a información genética personal de otros individuos y usarla para cualquier fin, en este caso, como parte de un proceso artístico, su concepto y discurso.

Asimismo, el artista Lobato recurre también al DIYbio y OscH para desarrollar una obra que recurre mediáticamente a la ingeniería genética y la computación, estableciendo un diálogo cibernético entre un comportamiento programado en el ADN de un ser vivo y una computadora que traduce estos comportamientos en forma de sonido. El artista trabaja en un biolab comunitario donde realiza los procedimientos científicos, al tiempo que introduce a la comunidad local en el proceso artístico a través de la realización de encuentros y talleres durante la producción de la obra. En ellos los participantes practican y aprenden sobre técnica, tanto genética como de programación, y también sobre música, colaborando con la producción de la pieza; logrando con ello establecer una comunidad de practicantes del DIYbio.

En el proyecto *In Posse*, la artista Jarvis y la doctora Curve entablan una colaboración para llevar a cabo un proyecto de ingeniería genética que replantea el cuerpo, la sexualidad y la reproducción en una sociedad basada y condicionada por la noción de genero biológico. Para ello, en la obra, el poder reproductor del hombre es suplantado por una biotecnología. El semen femenino deja al descubierto el alcance de la ingeniería genética y CRISPR-cas9 para cambiar la naturaleza y alterar el comportamiento humano planteando una ruptura total en el orden social.

Con otra lógica biomediática, pero, de igual forma, usando la ingeniería genética para afectar la naturaleza del cuerpo, la obra *Lovesick: The transfection* de la artista Dewey-Hagborg, producida en laboratorios de la industria farmacéutica, se acerca al cuerpo desde una intervención biológica para plantear un escenario imaginario en el que existe un virus que infecta con amor. La obra terminada tendría la capacidad de inocular a las personas con un virus diseñando por medio de la ingeniería genética que tiene la posibilidad de cambiar el comportamiento social humano, exaltando de forma endocrina la producción de oxitocina. Esto evoca un escenario utópico con una sociedad entera infectada con sentimientos de bienestar, placer y de unión con otros cuerpos.

El interés por la investigación de nuevos materiales biotecnológicos por parte de la industria y el diseño está siendo impulsado tanto por grandes corporaciones que buscan ofrecer soluciones al mercado, como también por grupos, personas y espacios desde el DIYbio. Los biomateriales "crecen" y producen recursos que pueden ser destinados a diversos fines. Un claro ejemplo es el cultivo de kombucha en moldes y bioreactores para su uso como un "cuero" o "denim" por parte de la industria de la moda.

Con la investigación *Biocouture* la diseñadora Lee plantea un antecedente en el mundo de la moda sobre el uso como materiales de los productos de otros seres vivos como por ejemplo la Kombucha, que presentan atributos como, por ejemplo, el hecho de ser biodegradables, escalables y fáciles de cultivar incluso

en casa o en biolabs comunitarios. Este es el caso también del medialab y grupo de investigación Thr34d5, que se interesa en la kombucha como material de producción con un objetivo puntual y local, otorgar a la prenda fabricadas atributos medicinales para su aplicación en el tratamiento de pacientes con problemas graves en la piel. El biomaterial se activa al estar con contacto con el cuerpo como una segunda piel que protege y cuida.

Los ecosistemas entendidos como holobiontes se estudian desde la perspectiva de los diversos procesos simbióticos entre plantas, animales, insectos, bacterias, hongos, etc. Todos los organismos en ellos integrados interactúan todo el tiempo aportando y tomando algo del ambiente. En el campo de la producción de energía eléctrica a través de MFC, es posible obtener electrones del medio para producir una corriente eléctrica. El artista Esparza integra esta tecnología en su obra "plantas fotosintéticas" como parte de un objeto "híbrido" con sistemas biotecnológicos, biológicos, robóticos, computacionales. A través de estos sistemas el holobionte artificial se autorregula, usando la energía eléctrica producida por MFCs integradas en ella, para mantener un sistema de control computacional que al mismo tiempo regula toda la instalación. Esparza desarrolla una biotecnología que se puede incorporar a los ecosistemas replanteando la relación entre la tecnología y naturaleza, produciéndose híbridos que aporten positivamente a los procesos biológicos y a los demás seres vivos, integrándose al entorno.

En la obra "nidos de equilibrio" la artista Cantera, plantea también el uso de MFCs embebidas en ladrillos de tierra que se usan para construir estructuras arquitectónicas orgánicas y vivas. Estos ladrillos, con ánodos y cátodos, están interconectados haciendo visible la presencia de los microorganismos al interior de las paredes en forma de energía eléctrica. La obra es una reflexión de las necesidades humanas y de la integración de construcción de la arquitectura en los procesos biológicos planteando otra manera de entender la biotecnología como parte de los entornos habitados por los humanos.

3. Movimiento DIYbio y los (bio)laboratorios ciudadanos

El DIYbio y el *biohacking* son movimientos socioculturales que tienen su auge a inicios del siglo XXI, asociados a la democratización de las herramientas y técnicas de la biología a partir del código abierto y la libre distribución del conocimiento. Los dos tienen su origen en los avances de la computación y la biología molecular. En 2005 el biólogo Robert Carlson (2005) anticipó: *"The era of garage biology is upon us. What to participate?"* [La era de la biología del garaje está sobre nosotros. ¿Cómo participar?]. En ese momento los costos para investigar con biología molecular habían bajado tanto sus precios que Carlson planteó la posibilidad de poner en funcionamiento un laboratorio de biología molecular en un garaje poniendo en marcha el suyo propio, algo que una década anterior resulta imposible de imaginar debido al precio excesivamente alto de equipos y materiales. Como Carlson, muchos *biohackers* iniciaron laboratorios en sus espacios domésticos; garajes, armarios, cocinas, etc. Se trataba de profesionales que mantenían sus proyectos en casa, o de personas que nunca antes habían usado ningún instrumento de laboratorio pero están interesadas en hacer ciencia. Los *biohackers* comenzaron a comprar equipos usados, a construir sus propios microscopios a partir de cámaras web, o a usar sus axilas como incubadoras para mantener el crecimiento de cultivos de *Escherichia Coli* genéticamente modificados (Ledford, 2010, pp.650).

La asociación DIYbio se fundó en Boston en 2008, siendo el primer biolab establecido documentado, de pronto le *siguieron Hackspace London* (2009) en Londres, *GenSpace* en Nueva York (2010), *BiologiGaragen* en Copenhagen, *Biocurious* en Sunnyvale California (2011), y *La Paillasse* cerca de Paris (2011) (Meyer, 2014).

> *DIYbio is often referred to as a biohacker community, and its members use that type of definition very freely. The answer to the question 'Who is a biohacker?' in the DIYbio FAQs includes: hacking as a subculture; the combination of the hacker ethic of 'biologists, programmers, DIY enthusiasts'; explicit references to the Homebrew Computer Club and the Free Software movement; the importance of enjoying 'hacks; and the 'biopunk' attitude* [El DIYbio hace referencia normalmente a una comunidad de biohackers, y sus miembros suelen usar esta definición de manera muy libre. La pregunta ¿Quién es un biohacker? genera respuestas frecuentes en el DIYbio del tipo: hackeo como subcultura; combinación de la ética hacker con "biólogos, programadores entusiastas del DIY"; referencias explícitas al Homebrew Computer Club y al movimiento de Software Libre; la importancia de disfrutar *hacks;* y la actitud "*biopunk*"] (Delfanti, 2013, p. 117)

El DIYbio se ha desarrollado en la segunda década del siglo XXI bajo la influencia de otros movimientos culturales que facilitaron su expansión y entendimiento. Como el movimiento DIY, que se desarrolló a partir de las décadas de 1950 y 1960 (en medios como revistas, libros, tiendas y programas de televisión dedicados) y continúa hoy día. Aunque el DIYbio se más a la manera de trabajar del DIT, *Do It Together* [hagámoslo juntos], por sus dinámicas de colaboración y participación (Keulartz y Belt, 2016, p. 2). En esta misma línea, el movimiento se identifica con la ciencia ciudadana, que tiene lugar cuando los científicos ofrecen la participación de público en sus propias investigaciones o supervisan proyectos realizado por comunidades no académicas dentro de instituciones. Sin embargo, la ciencia ciudadana mantiene el carácter de "abajo hacia arriba", mientras que en el DIYbio no es necesaria la supervisión de un científico y se desarrollan proyectos fuera de la institucionalidad. El DIYbio hereda del movimiento del código abierto y el hacktivismo metodologías y dinámicas de investigación del ámbito de la

informática aplicadas a la genética. Está dirigido por los principios de la ética hacker, incluyendo el compartir datos e información de acceso libre y el desarrollo de software y hardware de forma descentralizada, generando acceso a la tecnología para un público amplio. También toma del movimiento *maker* el interés por las herramientas de prototipado y fabricación digital como la robótica, la electrónica, la impresión 3D y las herramientas de CNC y corte láser.

El DIYbio se argumenta en la apertura y democratización de la biología en varias vías: espacial, técnica, social y económica. La propia comunidad que hace parte del movimiento está desarrollando guías, protocolos y herramientas de acceso público para que más personas puedan involucrarse y pasar a formar parte de esta red. Como consecuencia se han desarrollado varios procesos facilitando el crecimiento y expansión de la comunidad DIYbio con la aparición de nuevos espacios donde se están produciendo investigaciones en torno al acceso a equipos y protocolos para la experimentación de forma más asequible y también creándose redes y laboratorios ciudadanos que se presentan como una alternativa a la ciencia cerrada y una forma de desmitificarla (Meyer, 2014). El DIYbio no solo busca fomentar una política de apertura, sino que produce el tejido para provocarla. Se puede hablar de "cosmopolítica" en la forma de participación pública y experimentación del movimiento que involucra a diferentes poderes, actores y comunidades por medio de escalas y ontologías. El DIYbio es parte del rizoma de la ciencia abierta que fomenta el intercambio de materiales, datos, procedimientos y publicaciones y está impulsada desde sus inicios del software de código abierto (Ledford, 2010, p. 651).

Desde el proyecto *DIYbiosphere,* encargado de colectar iniciativas de DIYbio en todo el mundo (de forma distribuida similar a una página wiki, pero usando páginas de GitHub), se puede tener acceso en internet a información sobre espacios, eventos, grupos y redes relacionadas al DIYbio alrededor del globo. Todo el proyecto es completamente de código abierto, y cualquier persona

puede contribuir como escritor, añadiendo y editando entradas, como desarrollador, participando en la construcción del software y el diseño de la página, o como coordinador en la dirección general del proyecto (*DIYbiosphere,* 2016). En este directorio de iniciativas DIYbio se puede visualizar un espectro general del crecimiento del movimiento alrededor del mundo (Figura 33). Cada nodo de la red describe las características propias de cada contexto explicando las diversas tipologías de espacios y proyectos en cada lugar particular. Los participantes de *DIYbiosphere* publican contenidos con licencias abiertas de dominio público, compartiendo piezas de software, modelos de hardware, protocolos o actividades. *DIYbiosphere* tiene cuatro objetivos principales; uno es crear una plataforma central para encontrar y aprender sobre las iniciativas de DIYbio; el segundo es proporcionar a la comunidad DIYbio una forma sencilla de publicar y compartir sus iniciativas; el tercero es conseguir un proyecto de código abierto para fomentar la conexión entre los proyectos, las personas y las ideas de DIYbio; y, por último, el cuarto es mapear y visualizar la comunidad global DIYbio.

Figura 33. *Nota.* Adaptado de *Mapa de iniciativas DIYbio en DIYbiophere*, fotografía de pantalla, 3 de diciembre 2021, tomado de https://sphere.diybio.org/

La red colaborativa que ha desatado el DIYbio y las transformaciones en la forma de conducir la ciencia ha dado a nuevas personas herramientas que les permiten un acercamiento proactivo al conocimiento científico y la producción de información, lo que posibilita la formación de un entorno tecnocientífico en el cual poder desarrollar sus proyectos. Esto convierte a DIYbio en un ejemplo muy interesante de traducción directa de software libre y prácticas de hackeo al ámbito de las células, genes y laboratorios (Delfanti, 2013, p. 112). A veces, cuando no pueden abrir sus propios laboratorios, los grupos de DIYbio colaboran directamente con *hackerspaces*, fablabs, medialabs o laboratorios ciudadanos existentes para configurar pequeños laboratorios, o "rincones húmedos" dentro del conjunto de espacios (ya sean virtuales o físicos) que llena los *hackerspaces* urbanos. Los miembros y grupos de DIYbio también, en ocasiones, pueden estar inmersos en un denso entorno empresarial en el que las compañías emergentes y las nuevas empresas de ciencia abierta intentan abrirse camino en un mercado dominado por los grandes laboratorios. Todo esto replantea el significado de la participación ciudadana en ciencia y puede sugerir que el movimiento DIYbio es un agente de peso en la configuración de los actuales regímenes de innovación en las ciencias de la vida, además de desempeñar un papel catalítico en la relación entre el público, la investigación, la academia y el mercado.

3.1. DIYbio y Hardware científico de código abierto

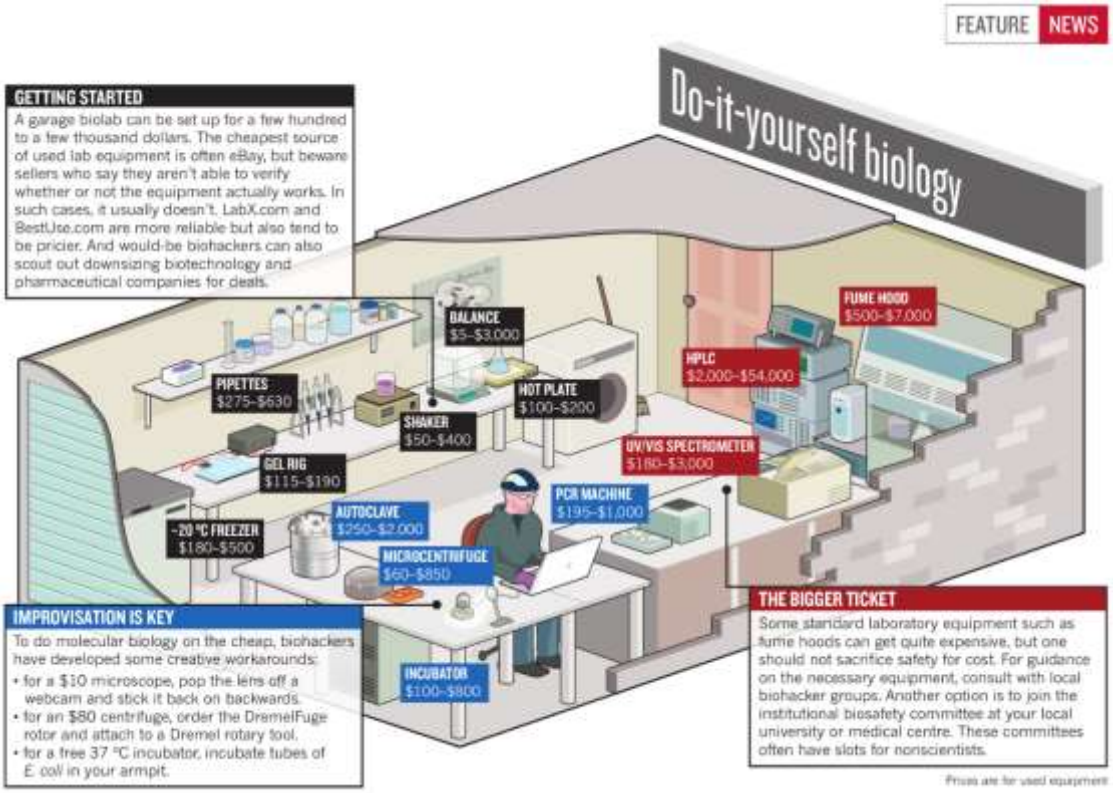

Figura 34. *Nota.* Adaptado de *Prices are for used equipment [precios de equipamiento usado]*, esquema, 2010, tomado de Ledford (2010), todos los derechos reservados.

Como nos ilustra Ledford (2010) en esta imagen (Figura 34), en 2010 por unos cuantos miles de euros era posible tener un laboratorio de biología molecular armado con instrumental del mercado de segunda mano. Esto detonó el crecimiento del DIYbio, muchos de los *biohackers* encontraron maneras de financiar sus laboratorios y se aprovecharon del desarrollo de software y hardware de código abierto que, en algunos casos, podía sustituir los costosos equipos. Por ejemplo, los *biohackers* Tito Jankowski y Josh Perfetto usaron *Kickstarter* (una plataforma de *crowdfunding*) para financiar una termocicladora, (instrumento esencial para trabajar con biología molecular) de código abierto conocida como OpenPCR, produciéndola por primera vez en el año 2011. El DIYbio ha conseguido alternativas de bajo costo para los equipos

de laboratorio, reduciendo los precios en una relación de hasta 100 a 10. Por ejemplo, para el caso de la termocicladora, mientras un modelo convencional puede llegar a costar 5000 euros, la OpenPCR; (un kit que contiene todos los elementos para ser ensamblado fácilmente), cuesta unos 600 euros aproximadamente, incluso, cualquiera puede descargar los planos gratuitamente para hacer una copia de forma local (Keulartz y Belt, 2016, p. 7). La reducción de los costes cambia notoriamente la accesibilidad a la experimentación e investigación en las ciencias de la vida; la instrumentación, antes delegada a grandes corporaciones con patentes industriales, puede ahora ser reemplazada por modelos customizados y construidos en casa o en un fablab o *hackerspace*. Los avances de la computación y electrónica, del software y hardware de código abierto, también han influenciado notoriamente el desarrollo de instrumentos y herramientas de código abierto logrando modelos funcionales, sofisticados y de menor costo. Un ejemplo más reciente es el PocketPCR (Figura 35); un modelo de termocicladora de bolsillo de código abierto ultracompacto y de 100 euros, lanzado en 2019 por Gaudilab, un laboratorio de innovación tecnológica en Génova, siendo un modelo de código abierto.

Figura 35. *Nota.* Adaptado de *PocketPCR por Gaudilab*, fotografía, 2019, tomado de Gaudilab (http://gaudi.ch/PocketPCR/).

Conseguir que los equipos sean más asequibles, permite a los grupos de DIYbio llegar al público no especializado con capacitación y prácticas educativas que, de otro modo, sólo serían accesibles para estudiantes universitarios y personas de la industria (Keularz y Belt, 2016, p. 7). El movimiento DIYbio facilita y fomenta un modelo abierto de innovación, caracterizado por obtener y compartir la "sabiduría de la multitud", por resolver los problemas de manera descentralizada y por facilitar los procesos de creación distribuida. El DIYbio está propiciando una línea de innovación en abierto que compite con la industria y permite que haya más beneficiarios de los desarrollos tecnológicos. Teniendo en cuenta que este diseño y desarrollo de equipos y aplicaciones de baja tecnología y bajo costo no se basa en la necesidad de generar ganancias, sino que se rige por el principio hacker de la "mejora mundial". Esto impulsa un modelo de innovación descentralizado y abierto que está cambiando la relación de la ciencia con otras disciplinas como la ingeniería, el arte y el diseño, ofreciendo la posibilidad a la investigación transdisciplinar, participativa y comunitaria. El DIYbio mediante estas prácticas promueve un modelo de laboratorio "abierto" que se puede replicar y modificar, atrayendo a un público diverso entre escolares, artistas, diseñadores, ingenieros y científicos que deseen construir y complementar sus propios laboratorios o ingresar a un laboratorio comunitario o público. La implicación de la ciudadanía en los procesos creativos, la construcción de instrumentos de bajo costo y la generación de otras formas de hacer ciencia atribuyen a comunidades y personas interesadas el poder profundizar en el DIYbio y el OScH desde sus propios proyectos e ideas o colaborando en otras.

> *Open Science Hardware (OScH) refers to any piece of hardware used for scientific investigations that can be obtained, assembled, used, studied, modified, shared, and sold by anyone. It includes standard lab equipment as well as auxiliary materials, such as sensors, biological reagents, analog and digital electronic components. Given that proprietary "black box" instrumentation cannot be fully inspected or customized and can be unreasonably difficult*

> *and expensive to obtain and maintain, we believe that scientific hardware design should be open to allow for the exercise of these basic freedoms.* [Hardware de ciencia abierta (OScH) es cualquier pieza de hardware utilizada en investigaciones científicas que cualquier persona puede obtener, ensamblar, usar, estudiar, modificar, compartir y vender. Incluyendo los equipos de laboratorio estándar, así como sus materiales auxiliares, como por ejemplo sensores, reactivos biológicos o componentes electrónicos analógicos y digitales. Dado que la instrumentación patentada de "caja negra" no se puede inspeccionar o personalizar por completo, y puede ser excesivamente difícil y costosa de obtener y mantener, creemos que el diseño científico de hardware debe estar abierto para permitir el ejercicio de estas libertades básicas.] (GOSH, 2017, p. 12).

Como ejemplo de comunidades reunidas alrededor del OScH, el grupo *Gathering of Open Science Hardware* (GOSH) [Reunión de hardware científico de código abierto], se ha encargado de mapear, juntar y poner en contacto iniciativas alrededor del mundo que usen o construyan hardware de código abierto para la investigación y experimentación en ciencia, arte y educación. GOSH involucra universidades, centros de investigación, laboratorios ciudadanos, instituciones, comunidades y artistas, trabajando en red y colaborativamente. Esto facilita enormemente la puesta en marcha de iniciativas similares y genera sinergias entre los agentes que desarrollan y replican la instrumentación científica apoyada en la fabricación digital. El GOSH ha realizado múltiples encuentros, publicaciones y actividades y foros. En el año 2016 se reunieron 60 miembros de esta comunidad en el laboratorio CERN en Génova, para destacar los puntos en común de los investigadores de OScH, centrándose en la búsqueda de estándares similares, mejores prácticas y tecnologías habilitadas, concluyendo con la redacción y publicación de un manifiesto. Durante el 2017 la comunidad realizó un encuentro en Santiago de Chile para ampliar la red y sus conexiones a nivel mundial; como resultado de

la reunión se generó un documento colaborativo a modo de “hoja de ruta” para guiar el trabajo del grupo hasta 2025 con el objetivo de conseguir la inclusión del OScH en cada vez más comunidades (GOSH, s. f.). Este tipo de hardware tiene el potencial de aumentar el acceso a las herramientas de experimentación facilitando su edición, customización y reutilización lo cual reduce los costos. También democratiza la práctica científica, aumentando la diversidad de personas con herramientas y, por tanto, capaces realizar investigaciones para aplicar en educación, innovación tecnológica y en acción cívica. Además, el OScH estimula otros mercados y modelos comerciales, donde la fabricación o el proceso de ensamblaje puede hacerse de forma local, y el usuario puede hacer sus propias actualizaciones, cambios y compartirlas.

Figura 36 y 37. Nota. Adaptado de *GOSH 2017 (Gathering of open Science Hardware) encuentro en Santiago de Chile,* fotografía.

3.2. Ciencia Abierta y ciencia ciudadana

La ciencia abierta, como fenómeno cultural, está fundada en dos mecanismos subyacentes de organización: la apertura y la conectividad. Las nuevas prácticas se desarrollan por medio del acceso abierto a datos, publicaciones, protocolos, laboratorios físicos, y se conectan mediante plataformas de investigación transdisciplinarias que centran su aspiración en la transparencia y accesibilidad del conocimiento, el cual es compartido a través de redes de colaboración (Vicente-Sanz, 2020, p. 2). Las prácticas de ciencia abierta se desarrollan y organizan a través de plataformas digitales que contienen herramientas y servicios que facilitan que el conocimiento sea cada vez más accesible para la ciudadanía y que los productos científicos estén disponibles para todo el mundo. La ciencia, como muchas otras actividades humanas, ha experimentado las grandes consecuencias de la revolución tecnológica basada en internet. De hecho, las nuevas tecnologías de la información contribuyen a cambiar las fronteras geográficas de la investigación, tanto entre disciplinas científicas, como entre expertos y personas de otros ámbitos profesionales. En los últimos años se ha generado una explosión de páginas y formularios de publicación de datos científicos, y se han puesto a disposición de todas nuevas tecnologías de comunicaciones de manera rápida, conveniente y gratuita, como resultado de proyectos de investigación. Las revistas científicas y los archivos de acceso abierto son indispensables para la ciencia colaborativa en línea, y los datos que contienen son la materia prima en la que se basa la llamada "ciencia 2.0" (Delfanti, 2013, p. 33).

Las prácticas de la ciencia abierta o 2.0 se pueden interpretar como una diversificación de las formas de hacer e investigar convencionales, ampliando las comunidades de trabajo dentro de la investigación científica. Mediante ella la creación de redes de colaboración entre distintos agentes va más allá de los núcleos académicos e industriales, estableciéndose una cooperación multidireccional a través del uso de herramientas cooperativas en línea. Los ciudadanos conducen, discuten y hacen circular investigaciones fuera de la

llamada torre de marfil de la ciencia (Delfanti, 2013, p. 35). De esta manera, se busca involucrar a la ciudadanía en la ciencia desde distintas perspectivas, incentivando el encuentro de profesionales con el resto de la sociedad en investigaciones científicas abiertas. La interacción entre distintos niveles y perfiles profesionales hace viable la participación ciudadana descentralizando la información, los datos y la investigación, los cuales pueden compartirse usando licencias abiertas, doblegando la tradición científica del siglo XX, dependiente de los derechos de autor, las patentes y los secretos industriales.

Por su lado, la ciencia ciudadana tiene una larga tradición, a lo largo de la historia numerosos científicos y ciudadanía han colaborado en investigaciones que han contribuido de manera fundamental al desarrollo del conocimiento científico en los márgenes de la institucionalidad. Bajo este marco conceptual, se reconoce el aporte ciudadano validando la participación de personas no expertas en la investigación científica; ya sea trabajando en la recopilación y el análisis de datos, la investigación de los fenómenos naturales de sus entornos, la utilización de sensores o monitorización, la implicación de las comunidades, el desarrollo o implementación de la tecnología o en la difusión de estas actividades a un público más amplio.

Por ejemplo, algunos proyectos de ciencia ciudadana surgen cuando un equipo de investigación hace un llamamiento público de colaboración, en proyectos que requieren la realización de una tarea relativamente simple, pero que debe ser repetida muchas veces y/o distintos lugares y contextos. Es el caso del proyecto Galaxy Zoo [Zoológico Galaxia]: en julio de 2007, los astrónomos se enfrentaron a una tarea imposible de realizar, necesitaba clasificar el millón de galaxias que habían sido fotografiadas por el telescopio del Sloan Digital Sky Survey. El volumen de imágenes era tal que, incluso si todos los astrónomos del mundo no hubieran hecho otra cosa que clasificar galaxias por el resto de sus vidas, les hubiera costado 200 años completar el trabajo. Ante ello, se decidió crear el proyecto que invitaba a los aficionados a ayudar a llevar a cabo esta tarea. Antes de que transcurriera un día, ya se estaban recibiendo 70,000

clasificaciones por hora y al final del primer año, más de 50 millones hechas por 150,000 personas diferentes (Collins et al, 2015, p. 3). Los ciudadanos contribuyen activamente a la ciencia en diferentes niveles: pueden participar en la recopilación de datos, en los estudios e interpretación de resultados o en el desarrollo y uso de instrumentos; también pueden establecer las preguntas iniciales o desarrollar un proyecto científico completo. Es decir, la ciencia abierta permite a investigadores no profesionales colaborar en todas las etapas de una investigación científica como cocreadores. Esto genera un impacto social enorme y ayuda en la divulgación y/o enseñanza de contenidos. La ciencia expande sus horizontes y permea en lo social, cultural y artístico. La ciencia abierta se instaura en la segunda década del siglo XXI con el avance de internet, pero es una práctica que evoluciona de la ciencia ciudadana y la acompaña con un enfoque flexible que promueve una investigación que no sólo pasa en los laboratorios especialistas o en acompañamiento de científicos y profesionales sino también sucede en otros modelos de labs en el mundo: públicos, abiertos, de garaje, ciudadanos, hackers, etc. Estos labs se apoyan fuertemente en internet para estar conectados y cooperan de igual a igual (no de arriba abajo) aportando diversidad y replicabilidad, lo que ha incentivado su expansión alrededor del mundo. Por otra parte, a pesar de que la ciencia ciudadana es anterior a la ciencia abierta, podemos considerar que, a día de hoy, la primera puede incluirse en la segunda, puesto que cualquier persona que participar en ciencia ciudadana, principalmente en la generación, recopilación, procesamiento y análisis de datos, puede emplear recursos del código abierto para su fin.

La ciencia ciudadana forma parte, desde hace muchos años, en la agenda de los gobiernos e instituciones internacionales. Además, existen numerosas asociaciones de ciencia ciudadana en el mundo, como CSA (*Citizen Science*

Association)[2] en EE. UU.; RICAP *(Red Iberoamericana de Ciencia Participativa*) en Iberoamérica; ACSA (*Australian Citizen Science Association)* en Australia y ECSA (*European Citizen Science Association)*[3] en Europa; en cada una de ellas participan instituciones científicas y culturales, grupos de investigación y comunidades, entre otros favoreciéndose su vinculación académica y gubernamental. Estas asociaciones ofrecen un entorno de trabajo y promoción de la ciencia ciudadana como parte del desarrollo de políticas públicas que vinculan la ciencia con las comunidades redefiniendo el papel de la ciencia en la sociedad y trasladan a otras esferas liberándose del hermetismo de la investigación cerrada y especializada.

En España, desde el año 2008, opera el proyecto Ibercivis, que inició como una iniciativa de computación distribuida, cuya función es la de generar un canal de participación en internet para que todo tipo de personas vincularse a proyectos científicos. A partir del 2011, Ibercivis se constituye como una fundación científica y social con el objetivo de compartir recursos y experiencias en ciencia ciudadana y cooperar en su divulgación a través de eventos, exposiciones, premios, o actividades de formación. El proyecto ha catalizado diversas iniciativas de ciencia ciudadana a nivel local, nacional e internacional, caracterizándose por desarrollar intensa actividad en sus distintos nodos en los que se teoriza, prototipa, se elaboran modelos, se evalúa el impacto, se realizan mediciones, elaboran tecnologías y se publican resultados. Estas tareas son realizadas a través de los distintos en los que participan diversos centros científicos y tecnológicos de España y de la Unión Europea (Ibercivis, s. f.).

---

[2] La Citizen Science Association (CSA) es una organización dirigida por miembros que conecta a personas de una amplia gama de experiencias en torno a un propósito compartido: avanzar en el conocimiento a través de la investigación y el monitoreo realizado por, para y con miembros del público. CSA(sf,párr .1)

[3] La Asociación Europea de Ciencia Ciudadana (ECSA) La Asociación Europea de Ciencia Ciudadana (ECSA) se creó para fomentar el crecimiento de la ciencia ciudadana en Europa y para apoyar la participación del público en general en los procesos de investigación, a través de las ciencias, las ciencias sociales, las humanidades y las artes. (sf, párr 1)

A nivel de la Unión Europa, un buen ejemplo de promoción de la participación de la población civil en la ciencia ciudadana es *Do-It-Together-Science* (DITOs), financiado por el programa Horizonte 2020, que de 2016 a 2020 organizó numerosas actividades en varios países de Europa. Para el proyecto universidades e instituciones de investigación trabajaron en cooperación con galerías de arte, museos e instituciones culturales para involucrar a personas interesadas, organizando más de 500 talleres, exhibiciones y actividades en 9 países. En DITOs participaron: Una red de ciencia ciudadana paneuropea (*European Citizen Science Association*), pymes (Tekiu; eutema), universidades (*University Collage London* UCL; *Universite Paris Descartes; University of Geneva*), galerías de ciencia, museos y organizaciones artísticas (Galería Kapelica en Kersnikova; Medialab-Prado; Real Instituto Belga de Ciencias Naturales) y ONGs (Asociación Meritum; Waag Society) todos ellos coordinados por el grupo UCL *Extreme Citizen Science* [ciencia ciudadana extrema]. Todas las actividades del proyecto se centraron en dos temas; el biodiseño (uso de seres vivos como bacterias o plantas en la concepción de los de productos u objetos artísticos) y la sostenibilidad ambiental. DITOs tuvo como objetivo principal sentar las bases institucionales y políticas para lograr un compromiso público profundo con la ciencia ciudadana y la tecnología en Europa (DITOs, s. f.).

Sus promotores lo describen de la siguiente manera: Nuestro proyecto, *"Doing-It-Together Science",* DITOs, representa un cambio radical en el compromiso público europeo con la ciencia y la innovación. Proponemos pasar de un modelo en el que la investigación científica, la innovación y la resolución de problemas es impulsada principalmente por instituciones científicas / profesionales a uno basado en la participación pública activa y el desarrollo de capacidades con varios niveles y estrategias de participación en el proceso científico. En el centro de nuestra ética se encuentra el reconocimiento de la experiencia existente de las personas y las diferentes formas en que las personas quieren y se involucran en la ciencia y la tecnología. El proyecto tiene como objetivo elevar el compromiso público con la ciencia en toda Europa; de un compromiso

pasivo con el proceso de desarrollo de la ciencia a uno activo. Los esfuerzos científicos de la ciencia ciudadana y el Hágalo Usted Mismo (DIY) demuestran que esto es posible, y nuestro objetivo es garantizar que el Espacio Europeo de Investigación se convierta en líder en el compromiso público "profundo" que ofrecen estos avances (*European Commission*, 2020).

Tanto la ciencia abierta estudia y aplica nuevos métodos para producir conocimiento y difundir sus resultados, siempre priorizando el acceso abierto a la comunidad científica y aficionada, maximizando la circulación y el intercambio de información. En el extremo opuesto, existe una "ciencia cerrada" o secreta, en la que las dinámicas de comunicación están limitadas dentro de los muros de una institución o sujetas al pago de licencias, ya sea para el uso de patentes o por derechos de autor. Sin embargo, el concepto de ciencia como búsqueda de un conocimiento público, que hoy puede parecer obvio, es en realidad el resultado de dinámicas sociales y económicas complejas y estratificadas que se dan en la disciplina desde sus inicios (Delfanti, 2013, p. 27). Debido al enorme potencial del conocimiento distribuido y la comunidad en red, ayudan a los interesados en las temáticas investigadas, a estar actualizados sobre el estado de la cuestión de sus propias prácticas. Esto también despierta el interés de, cada vez más, científicos, becarios y practicantes dispuestos a abrir sus investigaciones, a cambio de recibir apoyo transversal de las comunidades científicas y ciudadanas, y de establecer contacto directo con instituciones más diversas, como museos, laboratorios ciudadanos, empresas del sector y otras facultades y universidades.

3.3. Media Labs: arte, ciencia, tecnología.

Los laboratorios de medios o medialabs, entendidos como un espacio transdisciplinar de creación y experimentación entre arte, ciencia y tecnología, son una herencia de las colaboraciones interdisciplinares pioneras que tuvieron

lugar en la década de los sesenta y setenta, como por ejemplo el *Experiments in Arts and Technology* (E.A.T.), una colaboración entre Klüver y Rauschenberg, el programa *académico Art, Culture and Technology* del *Center for Advanced Visual Studies MIT* lanzado en 1967 por el artista y profesor György Kepes, o el festival Ars Electronica (1979) centrado en las confluencias entre el arte y los nuevos medios (Miller, 2014).

El concepto de "medialab" fue planteado por primera vez por el arquitecto Nicholas Negroponte y el académico Jerome Wiesner, expresidente del *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). El Media Lab del MIT se instaló en 1985 en un edificio del campus universitario y empezó a funcionar como "un lugar donde el futuro está vivo, no imaginado". el espacio, equipado con laboratorios de investigación con tecnología punta, funciona como un lugar de encuentro donde ingenieros, científicos y artistas están en contacto todo el tiempo, trabajan en colaboración en grupos transdisciplinares (Miller, 2014, p. 99). El Media Lab MIT es un centro académico que gira en torno a un modelo nuevo corporativo que pone en contacto a la universidad con el entorno empresarial que busca la innovación como eje de sus productos y servicios.

Así, el medialab como concepto quedo establecido como un modelo de espacio creativo con unas características especiales que estimulan la creación, la investigación y la experimentación con nuevos medios tecnológicos. Partiendo de esto, ya a finales del siglo XX, teniendo como referencia el primer modelo del MIT; numerosos medialab proliferaron en otros contextos y ciudades, proponiendo centros de creación centrados en el diálogo entre el arte, la ciencia y la tecnología; eliminando barreras disciplinares y proponiendo otras metodologías dirigidas a la innovación. Pronto, los medialab "Comenzaron a ser fundamentales dentro del contexto histórico-cultural, por simbolizar el paso de la acción individual a la colectiva, y traducirse en la acción social y la creación artística, la participación ciudadana y las nuevas formas educativas" (Mateo y Escribano, 2019, p. 112). Estos lugares parten de la necesidad de generar puntos de encuentro y creación transdisciplinar con acceso a espacios,

herramientas y recursos (físicos, humanos, financieros), y otras condiciones que facilitan la innovación.

En los medialabs convergen nuevos medios a través del trabajo conjunto en proyectos; esto brinda a los usuarios la oportunidad de crear métodos y técnicas de enseñanza y trabajo desde nuevos enfoques y de probar las propias habilidades en la práctica en un ámbito transdisciplinario. Muchas personas pueden participar de actividades de los medialabs, independientemente de su educación o edad: los medialabs se caracterizan más bien por su carácter antidisciplinario. La antidisciplinariedad requiere que en el medialab los participantes tengan diferentes competencias y habilidades, se asume que cada participante tiene conocimientos y habilidades específicas y se espera que los utilice activamente en el proceso creativo. Combinar varios puntos de vista y competencias sirve para abrir el hermético mundo de disciplinas individuales (Du Vall y Majorek, 2018, p.3).

Un laboratorio de medios cambia el paradigma del centro de investigación acercándolo a la perspectiva del DIY y el DIT y combinando el activismo social, la educación y la tecnología. De este modo se genera un espacio para la experimentación y la cooperación, compartiendo conocimientos y búsqueda de soluciones. Los medialabs son espacios de mediación dedicados a la práctica, la expresión y la creación con un compromiso crítico sobre el papel de la tecnología en el arte y la sociedad. En la actualidad existen gran cantidad de laboratorios de medios en los lugares más diversos, existen modelos urbanos y rurales, en el norte y en el sur, vinculados a instrucciones o independientes, los medialabs son parte de los ecosistemas creativos en universidades, áreas industriales, centros culturales, edificios rehabilitados, garajes, colegios, bibliotecas, etc.

Bajo el prefijo “lab” se inscriben además otras prácticas y movimientos socioculturales que usan el modelo para sus propios propósitos, como los

medialabs, fablabs, *hacklabs, makerlabs,* biolabs, *wetlabs*, etc, cuya actividad y metodologías están estrechamente relacionada entre ellas. El modelo se ha fortalecido con la inclusión sistemática de distintos pensamientos y conocimientos, siendo un punto de encuentro entre la cultura digital 2.0, el hacktivismo, la cultura libre, el software y hardware de código abierto, la ciencia ciudadana, el bioarte, el DIYbio, entre muchos otros. Los usuarios individuales, artistas, ingenieros, investigadores y diseñadores acuden para investigar y producir manteniendo la filosofía de la cultura libre.

Los labs se han expandido por todo el mundo y ofrecen una alternativa a la ciudadanía de explorar y ser parte de la innovación tecnológica, ofrecen un espacio de encuentro igualitario entre profesionales y aficionados de diversas áreas para que todos ellos puedan entrar en contacto en un ambiente creativo, cuentan con metodologías que impulsan el trabajo colaborativo y con espacios y herramientas de producción adecuadas a las necesidades de los proyectos, permitiendo resolver problemas técnicos, conceptuales o estéticos a partir de la participación y la pertenencia a una comunidad. Por todo lo anterior, los medialabs y otros labs invierten el papel pasivo del usuario de tecnología y lo transforman en un desarrollador activo capaz de inventar y colaborar con el desarrollo de aplicaciones tecnológicas. Estos espacios han sido de gran relevancia en la creación artística transdisciplinar en el siglo XXI, proporcionando un lugar de experimentación en condiciones que acoge muchos tipos de iniciativas ciudadanas.

3.3.1. Laboratorios ciudadanos

El laboratorio ciudadano o laboratorio comunitario es una tipología de lab que presta una especial atención a la participación ciudadana en los procesos de innovación, investigación y creación. "Son plataformas abiertas que articulan las capacidades de la comunidad, las infraestructuras sociotécnicas, los procesos de mediación y un marco de principios asociados a la defensa de los

bienes comunes para la producción de conocimiento de manera colectiva" (Ricaurte y Brussa, 2017). Los laboratorios comunitarios son lugares de encuentro ciudadano para el desarrollo de proyectos, formación y empoderamiento técnico. La ciudadanía se integra de muchas maneras, y pueden poner en diálogo sus conocimientos y experiencias al tiempo que generan y/o colaboran en propuestas y proyectos abiertos. Estos lugares han servido como espacios de mediación entre artistas, científicos, comunidades locales e internacionales, pequeñas organizaciones y pymes, así como instituciones públicas y privadas, etc.

Es una tipología de lab que presta una especial atención a la participación ciudadana en procesos de innovación, investigación y creación. "Son plataformas abiertas que articulan las capacidades de la comunidad, las infraestructuras sociotécnicas, los procesos de mediación y un marco de principios asociados a la defensa de los bienes comunes para la producción de conocimiento de manera colectiva" (Ricaurte y Brussa, 2017). Pueden entenderse como lugares de encuentro ciudadano para el desarrollo de ideas y proyectos, cuentan con herramientas, espacios y plataformas de trabajo metodologías propias y formas de organización que sostienen una red de diversas comunidades ciudadanas que cooperan entre ellas. En las principales ciudades del mundo es fácil encontrar un laboratorio ciudadano, pero también están presentes en algunos contextos rurales o alejados. Se han convertido en el punto de encuentro de un público diverso que se conecta desde distintas disciplinas y conocimientos, facilitando el diálogo entre expertos y no expertos orientado a desarrollar procesos de innovación abierta y pública.

Los modelos derivados de los laboratorios ciudadanos son muy diversos e influyen según el contexto En Estados Unidos, por ejemplo, la mayoría de los laboratorios se sitúan en el tercer sector y se mantiene gracias al trabajo voluntario de los participantes como espacios con actividades para realizar en el tiempo libre. En España el carácter de los laboratorios comunitarios suele tener enfoque social y trabajan en una gran diversidad de ámbitos desde la

educación, el medio ambiente, las artes o la tecnología. En Gran Bretaña la mayoría de los labs son sociales y destinados a ofrecer servicios que las instituciones públicas no contemplan, en especial con la integración de distintos colectivos en riesgo de exclusión, y la mayoría se financia con capital privado. En Iberoamérica los laboratorios ciudadanos han proliferado en poco tiempo, ofreciendo un nuevo modelo de integración de la diversidad sociocultural de la región trabajando principalmente en la implementación de recursos educativos basados en la participación de las comunidades (Valladares, 2016, p. 19). A pesar de sus diferencias existen una serie de características comunes a todos estos labs como son la metodología experimental, el proceso abierto y colaborativo, así como la crítica a los principios del sistema capitalista y la exploración de alternativas económicas y sociales como fenómeno cultural. Los laboratorios ciudadanos han sido también un lugar de acogida para proyectos de la cultura DIYbio. Muchos han adecuado como parte de sus instalaciones espacios para el desarrollo de investigaciones relacionadas con biología, genética y biotecnología. Estos espacios, denominados biolabs o *wetlabs,* han cobrado progresiva importancia dentro del quehacer de los laboratorios colaborativos, sumando actividad a estos centros en sus áreas de la especialidad con temáticas que se alinean con las problemáticas actuales para las que se busca respuestas innovadoras desde la apropiación cultural y social de la ciencia y la biotecnología. Los biolabs ciudadanos integran la investigación en las ciencias de la vida con la participación ciudadana y por ende incentivan la investigación transdisciplinar teniendo en cuenta distintos agentes y roles que pueden cooperar para extender las posibilidades de la experimentación científica a través del arte y la cultura; planteando un diálogo multidireccional entre público, investigadores y creadores, con un enfoque basado en la curiosidad y la implementación de estrategias conjuntas con una fuerte influencia en la innovación tecnológica y social.

> *Community lab spaces are cropping up across the globe where ordinary people can get together to pool resources and brain power to come up with new technologies. Many are tinkering with electronics, but some are dabbling with living*

> *systems. These "biohackers have recently begun to organize into a movement of hobbyists that work out of basements, garages, and community spaces.* [Los laboratorios comunitarios están surgiendo globalmente proporcionando espacios donde la gente común puede reunirse agrupando recursos y poder mental para crear nuevas tecnologías. Muchos están jugando con la electrónica, pero algunos están jugando con los sistemas vivos. Estos *"biohackers"* han comenzado recientemente a organizarse en un movimiento de aficionados que trabajan desde sótanos, garajes y espacios comunitarios] (Sawyer, 2011, párr. 1).

Entre los años 2007 y 2021 permaneció en funcionamiento uno de los laboratorios ciudadanos más reconocidos de Europa, el Medialab Prado[4], que sirvió como lugar de encuentro para la producción de multitud de proyectos culturales abiertos. Durante estos años cualquier ciudadano puedo hacer propuestas o suscribirse a aquellas hechas por otra persona y llevarlas a cabo de forma colaborativa. Las actividades se estructuraban en grupos de trabajo, convocatorias abiertas para la producción de proyectos, investigación colaborativa y comunidades de aprendizaje que abordaban una gama muy amplia de temas. Los principales objetivos fijados fueron: construir, promover y sostener el aprendizaje y las comunidades prácticas integradas por personas de diferentes perfiles (en términos de educación y experiencia, intereses, antecedentes o estado) trabajar conjuntamente en el desarrollo de proyectos específicos; mejorar y evaluar las metodologías de trabajo colaborativo y el *modus operandi* institucional, dentro de la propia organización y en el desarrollo de proyectos de los usuarios. (Du Vall y Majorek, 2018, p. 4)

---

4 El Medialab Prado funcionó de 2007 a 2021. En 2021 se incorpora al centro de artes Matadero en el Distrito de Arganzuela en Madrid, y cambia de nombre a Medialab en Matadero.

Marcos Garcia (2018a, p. 108), director del MLP durante ese periodo, aporta a la reflexión sobre los laboratorios ciudadanos:

> surgen de la necesidad de ofrecer lugares públicos en los que los ciudadanos puedan juntarse para experimentar y llevar a cabo sus propios proyectos, y fomentar la creación de redes de cooperación distribuidas. De la necesidad de disminuir la distancia entre personas e instituciones, y de diseñar instituciones de las que los ciudadanos se sienten parte activa. ¿Qué aportan los laboratorios ciudadanos a las políticas públicas y qué papel juegan los laboratorios ciudadanos en el sistema de innovación? Los laboratorios ciudadanos proponen introducir la cultura de la experimentación en la agenda de las políticas públicas.

3.3.2. Medialab Madrid

El antecedente directo del Medialab Prado es el proyecto MediaLab Madrid, que se fundó en el Centro Cultural Conde Duque en el año 2002, puesto en marcha por la crítica y comisaria Karin Ohlenschläger y el artista y productor cultural Luis Rico, con un equipo de trabajo transdisciplinar. El espacio se inauguró con la exhibición Cibervisión 02[5], que cual presentaba una selección de arte electrónico (Gonzalo, 2002), con el reto de integrar arte, ciencia, tecnología y pensamiento en un centro de investigación público que ofreciera recursos mediáticos a creativos de todo el mundo. En palabras de Juan Carrete

[5] 17 artistas participaron en la exhibición que fue realizada en el Centro Cultural Conde Duque desde el 4 al 17 de marzo de 2002, participando del festival y presentando su trabajo simultáneamente. Los artistas fueron: Eugenia Balcells (España), Dominic Buttimore (UK), Daniel Canogar (España), Circo Interior Bruto (España), Ursula Damm (Alemania), Hans Diebner and Sven Sahle (Alemania), Yoichiro Hawaguchi (Japón), Sachiko Kodama (Japón), Donatella Landi (Italia), Golan Levin (EEUU), R. Lozano Hemmer (Canadá), Aguedo Simo (España), Karl Sims (EEUU), Christa Sommerer, Laurent Mignonneau y Roberto Lopez-Gulliver (Japón), Transnational Temps (España), UHF (Spain) and URU (Spain). (Carrete, 2002)

Parrondo, director del centro cultural durante sus años de actividad, la filosofía de Medialab Madrid, "no es tanto formar informáticos como atender a necesidades que tienen los artistas de acceder a una serie de medios electrónicos que les permita desarrollar su creatividad"; con el objetivo principal de ser una plataforma estable que impulse y sea catalizadora de la cultura digital de la ciudad, asumiendo una función social con un programa de actividades en torno a la investigación, la formación, mediación y exhibiciones, basado en un diálogo entre disciplinas (Caerols, 2018 pp. 944-945). El proyecto otorgó un lugar relevante a la ciudad de Madrid en el contexto global, pues presentaba una apuesta innovadora en el campo de la creación artística desde la acción social y el diálogo entre el arte, la ciencia y la tecnología. El proyecto fue puesto en marcha por la crítica y comisaria Karin Ohlenschläger y el artista y productor cultural Luis Rico, con un equipo de trabajo transdisciplinar.

El Medialab Madrid nació como una plataforma de diálogo, de pensamiento crítico, de investigación, de producción y de visibilización de los procesos y actividades que estaban ocurriendo en los centros de investigación universitarios o las comunidades *hacker* o los espacios autogestionados. Bajo esta mirada el Medialab Madrid introdujo el concepto del lab dentro de una institución cultural pública como es el Conde Duque, centro cultural municipal de la ciudad, ofreciendo un acercamiento a la ciudadanía interesada en las relaciones entre el arte, la ciencia, la tecnología, la cultura y la sociedad.

Una idea principal de sus fundadores fue "la transformación de un centro expositivo tradicional en un espacio de diálogo, así como en un ecosistema creativo, simultáneamente dedicado a la reflexión y el debate; a la investigación y la producción, a la formación y socialización, la exposición y la difusión" (Medialab Madrid, s. f., párr. 9). Por eso su programación se concibió como un proceso de investigación e innovación social y cultural que buscaba explorar la relación "arte-vida" desde los avances tecnológicos y científicos, y

la creación artística contemporánea. Las bases conceptuales y teóricas[6] que ha planteado y explorado el Medialab Madrid se sustentan en conceptos biológicos (como simbiogénesis, autopoiesis, ecosistema etc.), y los recombina con otros provenientes de la sociología y las ciencias de la computación (como la cultura de software libre, sociedad red, inteligencia colectiva, o de ciencias de la complejidad, sistemática, dinámica no lineal, emergencia, entre otros) (párr. 4). Los programas y las actividades desarrollados durante sus años de actividad plantearon otras maneras de interrelaciones más abiertas, híbridas, orgánicas, multidireccionales y cooperativas, entre la institución cultural y los diversos agentes y comunidades implicadas.

Tal y como describía sobre el proyecto en proceso una de sus fundadoras:

> Uno de los principales objetivos de este joven programa de apenas cuatro años de vida, es el de ofrecer a los ciudadanos la posibilidad de asomarse a los nuevos escenarios que surgen de la intersección entre la creación artística, la investigación científica, los avances tecnológicos y las nuevas dinámicas sociales de la comunicación. Con ello, las actividades de Medialab Madrid se encaminan hacia la así llamada Tercera Cultura que integra la humanista y la científica, apostando por el diálogo y la libre circulación de experiencias y conocimientos. Ya no podemos entender por

6 - Biosfera, Noosfera. Idea procedente de los padres de la bioquímica, como Vadimir Ivanovich. - Teoría general de sistemas. Ludwig von Bertalanffy - Cibernética. Norbert Wiener y Gregory Bateson. - Las estructuras disipativas, Ilya Prigogine - Autopoiesis, autogestionarse como individuos, como colectivo, como ciudad. Francisco Varela y Humberto Maturana - Teoría de la comunicación, Sistemas autoorganizados. Marshall McLuhan. - Simbiogénesis, la evolución de la vida en la tierra no solo se desarrolla a partir de la competitividad, sino también por cooperación entre los diferentes sistemas. Lynn Margulis. - Complejidad y transversalidad. Edgar Morin - Sociedad red, la red no como estructura sino como paradigma, lo que iba a suponer para el conjunto de la sociedad. Manuel Castell. (Caerols, 2018, p.947)

> cultura tan sólo la creación plástica, la música, el teatro, la literatura o el pensamiento. Ciencia y tecnología también son cultura. Ambos tienen un papel incuestionable en la manera de concebir, percibir y relacionarnos con el mundo que nos rodea; influyen en nuestros hábitos y costumbres. La ciencia al igual que el arte, aunque de distinta manera, está intentando hacer visible lo invisible. Está intentando generar distintos modelos de cognición y comprensión, distintas maneras de entender los patrones y procesos que rigen la vida en general y la experiencia contemporánea en particular. (Ohlenschläger, 2007, p. 9)

La relación entre el arte, la ciencia y la tecnología es desarrollada a partir de la participación ciudadana, generando otros espacios de circulación y creación transdisciplinar con un impacto directo en las comunidades y las personas que se relacionan en el espacio. El interés de artistas, científicos, ingenieros y aficionados que deciden interactuar eliminando las barreras disciplinares ha podido trazar formas de creación transversales entre distintas ramas del conocimiento y gracias a ello fomentar el desarrollo de proyectos con muchos matices y lecturas. Este esfuerzo colectivo nutre un "caldo de cultivo" que impulsó ideas colectivas cada vez más complejas, enriquecidas por el pluralismo, que muchas veces logran transformarse en prototipos replicables y alterables. El proyecto Medialab Madrid desarrolló un nuevo modelo de centro cultural público que genera y necesita de la participación de la ciudadanía como motor de la investigación y la producción de arte, ciencia y tecnología desde los movimientos culturales, siendo la institución y sus espacios un lugar de mediación de personas, contenidos y procesos creativos colectivos.

En el Medialab Madrid la ciudadanía participaba según sus intereses, posibilidades y conocimientos haciendo parte íntegra del laboratorio ya que colaboraba directamente con la actividad como generador de contenidos en un diálogo activo con la institución. El Medialab Madrid logró englobar y

representar iniciativas ciudadanas de distinta índole y ser un lugar de encuentro, aprendizaje e hibridación cultural, dejando atrás el papel impositivo y pasivo de los espacios artísticos y culturales. Por ejemplo, como parte de su programación se realizaron exposiciones y conciertos que no fueron programados por un comisario, sino decididas por las personas que participaban de forma activa. La práctica artística fue concebida como una práctica investigadora y productora de conocimiento transdisciplinar. (Medialab Madrid, s. f., párr. 12)

3.3.3. Medialab Prado.

Aunque el proyecto Medialab Madrid culmina en el año 2006, su modelo continúa como Medialab Prado (MLP) entre los años 2007 y 2021 en nuevo espacio físico. El laboratorio ocupo primero un local y más tarde el edificio completo de la antigua serrería belga, un edificio industrial en desuso, específicamente rehabilitado para alojar las actividades y programación del MLP. Además, más allá del espacio físico ocupado en la antigua serrería, el Medialab ha desarrollado varias iniciativas de laboratorios ciudadanos en otros lugares del mundo, principalmente en Iberoamérica, invirtiendo el rol del visitante "pasivo" del espacio cultural, biblioteca, museo o espacio público, ahora transformado en punto de encuentro público a partir de la creación y producción.

El Medialab Prado fue un laboratorio de innovación ciudadana que funcionó como lugar de encuentro para la producción de proyectos culturales. Cualquier persona pudo hacer propuestas o sumarse a otras y llevarlas a cabo de manera colaborativa. La actividad se estructuró en grupos de trabajo, a través de convocatorias abiertas para la producción de proyectos, investigación colaborativa y comunidades de aprendizaje en torno a temas muy diversos. A lo largo de la segunda década del siglo XXI, el MLP ha generado una sólida comunidad local e internacional de usuarios e instituciones colaboradoras, y

sus innovadoras metodologías de trabajo han sido replicadas en varios lugares del mundo. Algunos integrantes del equipo de trabajo de Medialab Madrid como Marcos Garcia, Laura Fernández y Sonia Díez formaron parte del equipo de Medialab Prado, dando continuidad al programa del anterior lab, consolidado su filosofía y método de trabajo.

El MLP se inauguró en 2007 en un local en la antigua serrería belga, ubicada en la Plaza de las Letras, en el centro de Madrid y rodeada por los principales museos de la ciudad y desde su inicio retoma el modelo, programación y actividad del Medialab Madrid, invitando a las comunidades ya instauradas a dar continuidad al proyecto y trabajando a la generación de nuevas redes ciudadanas. Más adelante, desde abril de 2013, el MLP pasó a ocupar el edificio completo, de 4000 m2, tras su rehabilitación. El espacio del MLP desde 2013 hasta 2021 comprendía dos grandes naves de tres plantas, un sótano y un patio central, en ellos se distribuyeron, durante el tiempo de permanencia del MLP, una gran variedad de lugares de cotrabajo, como un fablab equipado con máquinas de producción digital, un biolab, espacios de reunión, talleres, aulas, oficinas, zona de alojamiento para residencias artísticas y auditorio.

> En los últimos años el MLP se ha consolidado como un modelo de centro cultural público que facilita la cooperación entre personas para el desarrollo de proyectos culturales de carácter experimental y la creación de nuevas comunidades de aprendizaje y de práctica que llevan a cabo esos proyectos. MLP ofrece un lugar de experimentación y de producción en el que son los propios usuarios quienes desarrollan los proyectos en equipos de trabajo, que están compuestos por el promotor de la idea y las personas que se quieran sumar como voluntarios a realizarlos. A este modelo de centro cultural orientado a hacer proyectos de manera colaborativa y abierta lo denominamos laboratorio ciudadano (Garcia, 2018b, p. 2).

Dada su concepción como laboratorio ciudadano, el Medialab Prado dispuso todos sus espacios para el encuentro alrededor de la producción de proyectos de manera cooperativa y abierta. Facilitó la participación y confluencia entre personas, grupos de investigación, comunidades, estudiantes, profesionales y curiosos. Los espacios fueron adaptables a los diferentes proyectos y necesidades, con equipamiento y herramientas para la ideación, el desarrollo y producción de propuestas ciudadanas, ofreciendo un ambiente propicio para la creación colectiva. Como centro cultural desarrolló actividades abiertas al público como talleres de producción, encuentro de grupos de trabajo, mediación cultural, investigación, eventos temáticos, charlas, conferencias, simposios, ferias, entre otros. Esta programación diversa propició la activación de un público en constante crecimiento que generó comunidades diversas que ocuparon de manera continua el espacio. Parte de su actividad nació de las iniciativas impulsadas por los propios grupos de trabajo y usuarios quienes propusieron contenidos, los cogestionaron y retroalimentaron el MLP a través de un extenso programa de mediación cultural, coordinado por un equipo temporal que se renovaba cada año o dos años, seleccionado mediante convocatorias públicas en seis líneas de investigación.

En el MLP se planteó el modelo de laboratorio ciudadano como un lugar donde se pueden llevar a cabo iniciativas que nacen de la interacción y participación de distintos agentes al tiempo que se retroalimentan otras investigaciones y se generan réplicas del modelo (prototipos) cuyo alcance supera, incluso, el inicialmente fue planteado en el centro cultural. Para ello contó con una compleja red de colaboraciones a varias escalas, abriendo el diálogo multidireccional con instituciones, gobiernos, comunidades y ciudadanos de muchos ámbitos y países. Esto constituyo un rizoma que ha propiciado su réplica en otros escenarios adaptando la investigación, las metodologías, los avances, los prototipos, los modelos, etc., a cada contexto específico.

De esta manera en la segunda década del siglo XXI el Medialab Prado se convirtió en un referente de laboratorio ciudadano que fomentó la réplica de su modelo en otros contextos fortaleciendo su expansión a nivel local, barrial, municipal, nacional e internacional. En el modelo MLP no solo promovió una mayor agencia de los participantes, sino también una mayor toma de decisión sobre los procesos de producción (Ricaurte y Brussa, 2017, p. 4). Como ejemplo, además de la programación habitual del centro, destaca el programa Experimenta Distrito que llevaba el laboratorio a otros barrios de la ciudad con ayuda de centros culturales distritales mediante procesos abiertos y de larga duración; también, la propuesta de Innovación Ciudadana (Ciudadanía 2.0), desarrollada en asociación con la Secretaría General Iberoamericana (SEGIB), como una modalidad regional que aplica los modelos del MLP en redes de innovación abierta en Iberoamérica. Estos proyectos ejemplifican el trabajo llevado a cabo por el Medialab Prado para impulsar procesos de democratización y de construcción de tejido social y de visiones del mundo en concordancia con el procomún y la producción de conocimiento abierto a través de la colaboración. El MLP continuamente colaboró con otras entidades de la ciudad, en especial con instituciones y Áreas de Gobierno del propio Ayuntamiento de Madrid y en el ámbito internacional se consolidó como una referencia; en 2016 recibió el Premio Princesa Margarita de la Cultura, que concede anualmente la *European Cultural Foundation* (ECF) (Garcia, 2018, p. 1), de donde nació una publicación en 2020: Laboratorios Ciudadanos Una aproximación a Medialab Prado (Medialab Prado, 2020).

> Desde la lógica de la experimentación abierta, los laboratorios ciudadanos despliegan tres funciones principales: la producción de prototipos, la creación de nuevas comunidades de práctica y la difusión de los resultados de los experimentos para su uso, adaptación o continuación en otros contextos. La experimentación abierta que promueven los laboratorios ciudadanos implica que los proyectos realizados no tienen por qué parecerse a la idea inicial. No hay una exigencia de obtener un resultado

> determinado. La propuesta inicial se entiende sólo como un punto de partida y no es necesario tener un plan cerrado de lo que se va a hacer. Así, las aportaciones de los colaboradores, los errores y los hallazgos inesperados son la base de lo que sucede. (Medialab Prado, 2020, p. 8).

El prototipo, entendido como una tecnología en permanente desarrollo, fue llevado al escenario de lo social, lo cultural, lo político, lo científico y lo artístico, apropiando el desarrollo de tecnologías abiertas, abordando la idea de innovación ciudadana desde la cultura libre, no solo como un artefacto en estado inicial (lo que sería la visión desde la industria), sino como un proceso de elaboración continuo y abierto, que se alimenta de los aportes de una comunidad. Los proyectos llevados a cabo en las instalaciones de MLP tuvieron estos criterios y se desarrollaron bajo los principios de la participación, la colaboración y la apertura.

El hecho de reunirse un grupo de personas a colaborar en la producción de un prototipo lleva a la creación de comunidades locales, nacionales e internacionales que investigan y experimentan de manera transdisciplinar temáticas concretas. A la vez, el trabajo de prototipado favorece la interacción entre las personas y la diversidad de ideas y puntos de vista frente a una problemática, una incógnita o una solución que puede ser conceptual, técnica, ética, estética, lo cual no solo lleva a la producción del objeto y su documentación, sino también a la creación de una comunidad. La red de colaboración originada impulsa el diálogo; lo que permite que las ideas evolución de forma más complejas y se produzcan caminos no explorados y sorprendentes, a través de metodologías de trabajo basadas en la transdisciplinariedad, la autoorganización, el procomún y el trabajo en equipo.

En palabras del director de Medialab Prado:

> No se trata solo de producir un prototipo, se trata de prototipar una nueva comunidad. No se trata sólo de intercambiar conocimientos para un objetivo común, se trata de aprender a cooperar. Hacer juntos implica aprender a hacer juntos. Este vínculo entre conocimiento y convivencia es algo que caracteriza las formas comunales de gestión, en el sentido de que el procomún es a la vez un recurso (el prototipo), una comunidad que lo construye, y una serie de normas y protocolos para que tanto el recurso como la comunidad sean sostenibles en el tiempo. (Garcia, 2018b, p. 4)

En varias ocasiones los programas de MLP se vincularon directamente a temáticas asociadas a la biología, el *biohacking*, el bioarte y la ciencia abierta. Artistas, científicos y públicos diversos pudieron establecer canales de comunicación y creación colectiva en proyectos transdisciplinariedad donde el prototipado fue llevado al campo de las ciencias de la vida y la biomedia. El programa "BioCrea: Espacio Abierto de Biología Creativa" retomó estas temáticas y experiencias para plantear un espacio dedicado a la biología desde sus prácticas artísticas y científicas abiertas. Los antecedentes y el programa serán trabajados en los capítulos siguientes.

3.4. Conclusiones parte II

Los avances tecnológicos, culturales y sociales impulsados por los movimientos y filosofías *hacker,* de "código abierto" y "DIY", han desvinculado la investigación científica de los grandes centros especializados y cerrados permitiendo el surgimiento de otros tipos de laboratorios de garaje, ciudadanos

y/o portátiles que trabajan bajo lógicas y metodologías transdisciplinares y abiertas. El estudio de las ciencias de la vida, desde los inicios del siglo XXI, se ha visto reforzado por el trabajo de las comunidades de *biohackers,* herederos de las dinámicas complejas y bien estructuradas del hacktivismo y los movimientos de software libre de finales del siglo XX, que comparten y distribuyen su información y sus desarrollos como principio básico de trabajo la suma de colaboradores e interesados a sus investigaciones, creaciones y producciones. Gracias a la comunidad DIYbio y *biohacker* se han creado las condiciones necesarias para acelerar y aplicar el conocimiento científico en muchas temáticas, lo que ha servido para integrar la práctica científica con la sociedad y la cultura resultando en un impacto directo en las comunidades locales y una retroalimentación entre los distintos actores y perfiles involucrados.

Desde sus inicios el DIYbio ha ganado notoriedad en todo el mundo, siendo una etiqueta que se asocia fácilmente a distintas prácticas como el *biohacking* o la ciencia ciudadana, integrándose en diversos tipos de contextos y comunidades a través de internet; compartiendo, intercambiando y/o apropiándose información, datos y conocimientos. El desarrollo del proyecto DIYbiophere permite visualizar y localizar en un mapa una gran variedad de iniciativas y espacios dentro de la esfera de los laboratorios ciudadanos tanto urbanos como rurales, asociados a colegios o universidades, sean laboratorios independientes o de garaje incluso iniciativas sin una sede física o temporales. A través de este mapa es posible hacerse una idea del estado del arte del DIYbio en la actualidad, haciéndose evidente el papel, cada vez más relevante, que juega en la estructura de la investigación, la educación y experimentación científica actuando como facilitador de la apropiación social y cultural del conocimiento científico a través del arte y el diseño.

El laboratorio "en abierto", como una idea que acompaña a la práctica del DIYbio, comparte herramientas físicas y metodológicas con ella para consolidar espacios de trabajo con ciencia. El OscH también ha contribuido a este

propósito, proporcionando desarrollos de bajo coste que reemplazan y simplifican los instrumentos científicos tradicionales, usando tecnologías abiertas y hackeos que facilitan las prácticas científico-artísticas. Algunas comunidades como las integradas al GOSH promueven el uso y desarrollo de tecnologías de código abierto, permitiendo el encuentro de iniciativas de estas prácticas por todo el mundo, trazando objetivos en común y un marco conceptual y metodológico al que nuevos usuarios y grupos pueden adherirse para ampliando la red global de trabajo colaborativo.

En el caso más específico del desarrollo de prácticas artísticas, como se expone en el capítulo 2 de esta tesis, varios artistas de la segunda década del siglo XXI están desarrollando proyectos en espacios de DIYbio y biolabs ciudadanos, incluyendo tanto la producción de obra como la realización de actividades de divulgación y aprendizaje a partir de talleres, encuentros, performances, exhibiciones o colaboraciones donde científicos y ciudadanos participan de los procesos creativos y técnicos. También varios artistas de la segunda década del siglo XXI han establecido colaboraciones mixtas entre laboratorios ciudadanos y centros de investigación especializados apropiándose tanto de las herramientas del OscH como de las posibilidades técnicas que ofrecen los espacios tradicionales para llevar a cabo sus prácticas artísticas generando redes de colaboración entre científicos y ciudadanos apoyándose en la ciencia ciudadana. Los laboratorios de arte, ciencia y tecnología han servido de inspiración y modelo para establecer estos otros espacios culturales y sociales dedicados al desarrollo y experimentación con tecnologías para la creación, lugares donde tanto artistas, como científicos y ciudadanía han establecido colaboraciones en el desarrollo de proyectos y prototipos.

La práctica de la ciencia abierta y la ciencia ciudadana es consustancial al DIYbio y el OscH, se complementan y convergen en sus objetivos para democratizar la investigación científica-artística, aplicada a diversos fines. Bajo plataformas 2.0 se han consolidado redes de comunidades de distintos puntos geográficos y contextos que comparten y distribuyen el conocimiento por

distintos canales y medios, descentralizando la información para que cualquier persona pueda tomar, compartir y generar datos para sus propias investigaciones bajo licencias abiertas. Esto ha permitido la creación de redes mixtas de trabajo y colaboración, integradas por ciudadanos, instituciones públicas y privadas, universidades y colegios, laboratorios ciudadanos, gobiernos. El proyecto DITOs es un ejemplo del interés de la Unión Europea en incentivar la ciencia ciudadana involucrando a distintas comunidades a través de programas y actividades conectados directamente al tejido cultural de sus territorios y al tiempo compartiendo experiencias entre los distintos países implicados.

Desde este enfoque el medialab es un espacio físico y conceptual cuyo propósito es establecer modos de trabajo y ofrecer herramientas y puntos de encuentro para la investigación con nuevos medios tecnológicos, aplicados a la ciencia, al arte, al diseño; evolucionando hasta consolidar un modelo que se ha establecido y replicado en múltiples lugares adaptando su tipología a los diferentes contextos. En el siglo XXI los medialabs y otros labs se han ensamblado en el tejido cultural de las ciudades, jugando un rol fundamental dentro de los procesos de democratización de los medios tecnológicos y los conocimientos científicos. Los laboratorios ciudadanos o comunitarios acogen a los movimientos culturales abiertos, para orientar los procesos de creación e investigación que estos llevan a cabo, ofreciendo a comunidades y público en general, espacios, metodologías y herramientas. Los labs, logran convertirse así, en plataformas donde los propios ciudadanos pueden plantear proyectos y producirlos de forma colectiva bajo modelos abiertos y transdisciplinariedad de investigación, experimentación, creación y prototipado.

Como caso particular, el Medialab Madrid y el Prado son un ejemplo del surgimiento y consolidación de uno de estos laboratorios ciudadanos. Desde su fundación, como parte del Centro Conde Duque en 2002, el Medialab Madrid subvirtió el modelo de centro cultural tradicional introduciendo otras dinámicas de investigación, formación, mediación y divulgación, dependientes de los

“usuarios”, otorgando poder y capacidad para el diálogo y la crítica a la ciudadanía bajo la premisa de estimular la creación colaborativa y el uso de nuevas herramientas tecnológicas para la acción social y comunitaria. En su periodo activo, el Medialab Madrid acogió múltiples iniciativas poniéndolas a dialogar entre sí y con las comunidades, una retroalimentación que cambiaría por completo el papel tradicionalmente pasivo que solían tomar los visitantes de un espacio cultural. El modelo de Medialab Madrid planteó un encuentro de investigaciones, conocimiento y saberes, basado en la filosofía *maker* y *hacker* para generar un nuevo dialogo efervescente, diverso y transdisciplinar. Trascendió la compartimentación de la clasificación tradicional (plástica, la música o el teatro), para incorporar el pensamiento científico y tecnológico, para producir obras mixtas a partir del encuentro ciudadano y la incorporación de múltiples enfoques.

Más adelante, entre los años 2007 y 2021 el Medialab Prado recogió el testigo, heredando, las metodologías y las comunidades del Medialab Madrid para establecerse como un espacio independiente de referencia en continuo crecimiento, pasando de ocupar un único local a un edificio completo, con una compleja infraestructura y múltiples espacios de trabajo, de encuentro, pensamiento y divulgación que facilitaron la cooperación entre ciudadanos, comunidades e instituciones. MLP sucedió en un contexto en el que muchos los actores se encontraban ideando y promoviendo otros modelos de institución en los que la ciudadanía tuviera un rol central. Este impulso partía de una certeza; que es necesario afrontar los retos de nuestro tiempo desde una multiplicidad de perspectivas y saberes y que para ello se necesitan más espacios de convivencia, debate y acción entre personas diversas. En esta búsqueda el MLP jugó un papel paradigmático, impulsando la transformación de las instituciones culturales del contextos europeo e iberoamericano y proponiendo el modelo del “laboratorio ciudadano” e incentivando su réplica y apropiación.

4. Antecedentes del programa BioCrea.

El acceso a las biotecnologías en el siglo XXI por medio de la ciencia abierta y el DIYbio, ha multiplicado las líneas de investigación, experimentación y producción en curso, al permitir la inclusión de miles de personas no especializadas provenientes de otras disciplinas y ámbitos. Esta subversión de lo anteriormente académicamente establecido es uno de los grandes cambios del paradigma tecnológico y científico de esta época y está impactando en la esfera social, artística y cultural. La integración de las ciencias de la vida en el desarrollo tecnológico DIY suscita escenarios prospectivos donde la biología puede proponer otras formas de afrontar algunas de las problemáticas actuales. En este sentido investigaciones dirigidas a, por ejemplo, el desarrollo de biomateriales, la generación de energías limpias, la ingeniería genética, los cambios en el modelo alimentario agroindustrial, la mitigación de agentes contaminantes o la adaptación al cambio climático, están siendo exploradas desde la óptica DIYbio a la vez que son puntos fundamentales la agenda política de algunos gobiernos, especialmente las concernientes a los efectos de la actividad humana en el planeta y la mitigación de su impacto mediante nuevas tecnologías.

Las ciencias de la vida han sido una herramienta y base fundamental en la concepción del Medialab Madrid y Prado, han inspirado el *modus operandi* del propio centro cultural y han sido parte de la reflexión sobre sistemas tecnológicos, culturales, sociales, políticos, etc. De igual forma, en varios momentos de su recorrido sus actividades y programas han estado orientados a temáticas relacionadas con este marco investigativo, propiciando la participación de comunidades y grupos de investigación provenientes del bioarte, el *biohacking,* el DIYbio, el OScH y la ciencia ciudadana. Desde luego, para desarrollar este tipo de contenidos, es necesario un espacio que cumpla con ciertas condiciones exigidos a un laboratorio de biología y química, para

poder trabajar con material biológico como por ejemplo bacterias y levaduras, hongos, células animales y vegetales, insectos o genes.

En varias ocasiones durante sus primeros años de actividad en el MLP, se instaló un biolab temporal que operaba por algunas semanas como estación de trabajo precaria, apareciendo de manera espontánea a modo de laboratorio los baños del fablab, sus talleres, o los espacios de coworking y en ocasiones hasta el patio y el espacio público alrededor del edificio. Este biolab intermitente estuvo disperso por todo el centro cultural y presente en momentos puntuales de su programación. Pero nunca resultó completamente operativo, porque, al fin y al cabo, un biolab ciudadano debe cumplir con las condiciones físicas y procedimentales de un laboratorio y contar con herramientas que puedan garantizar la correcta práctica de la biología.

Aunque la inquietud sobre la constitución de un biolab permanente en el Medialab Prado estuvo presente en varias etapas, hasta el año 2016 no se dieron las circunstancias concretas para que subrayaron la necesidad de su constitución. Esto sucedió dentro de su programa anual Interactivos?, el cual, en su décima edición cuya temática "mundos posibles" invitaba directamente a la experimentación biológica, por lo que el espacio del centro cultural tuvo que ser adaptado para tal fin, evidenciando la necesidad de un biolab como un espacio permanente, de planteamientos similares a los del fablab que ya estaba operando, cuestionándose ¿Cómo debía ser su carácter como parte de un laboratorio ciudadano? ¿cómo interactuaría con los usuarios y visitantes, grupos de trabajo y público en general? ¿Qué tipo de prácticas se realizarían? ¿Cuáles no? ¿Cómo podrían convivir estas prácticas con la agitada actividad del centro? ¿Cómo se ejecutaría un programa dedicado a la biotecnología, al bioarte y las ciencias de la vida?

4.1. Interactivos?

No sólo los primeros pasos del biolab, sino gran parte de los aspectos innovadores del enfoque de trabajo del MLP, se planteaban y testeaban a través de su programa Interactivos?, eje fundamental de su programación en el que se concentraban muchos de los aspectos conceptuales del centro.

El primer Interactivos?, Interactivos?'06, tuvo lugar, todavía, en las instalaciones del Medialab Madrid en 2006, y se dedicó a cuestionar la interactividad en la tecnología digital industrial y de mercado y las "opciones cerradas" y simples que ofrece en oposición al hardware y software libre que, junto con el hacktivismo, ofrecen la posibilidad de que el "usuario" sea también productor de tecnología y no solo un consumidor pasivo. En su primera edición, el programa contó con el apoyo de una red de comunidades que acompañaron y aportaron a los proyectos abiertos que durante el mismo se desarrollaron, permitiendo compartir la información y así facilitando la distribución, réplica y transformación de los desarrollos llevados a cabo. Teniendo en cuenta una de las premisas del programa: lograr que este tipo de tecnologías no se perciban como algo cerrado y comprensible sólo para unos pocos sino abierto y manipulable. La intención de este primer Interactivos? buscaba, además, "convertir el espacio expositivo en un lugar donde compartir experiencias, adquirir conocimientos y debatir ideas, organizando para ello exhibiciones, talleres y presentaciones, en los que el público puede acercarse a las nuevas formas de producción y al uso de la electrónica y la programación con finalidades recreativas y educativas. (Medialab Madrid, 2006, párr. 1).

Este primer Interactivos?, en el ofreció un espacio de experimentación y prototipado tecnológico basado tanto en las herramientas como en las dinámicas comunitarias que se dan en los procesos de desarrollo de las tecnologías de código abierto. Su objetivo fue la exploración y recombinación de formatos y modelos transdisciplinares y no lineales de generación y

transferencia de conocimiento, basados en procesos de innovación abierta en los que la idea de interactividad se cuestiona y reformula en un plano conceptual, tecnológico, biológico y social (Medialab Madrid, 2006, párr. 1). En la edición 06, durante varias semanas el programa de Medialab Madrid estuvo enfocado en el desarrollo y aplicación de herramientas de software y hardware libre, la computación física y la comunicación humano-máquina. Contó como mentores con David Cuartielles (Arduino), Zachary Lieberman (Open Frameworks) y Hans-Christoph Steiner (Pure Data) y muchos otros desarrolladores de herramientas de software y hardware libre. De esta forma se propició una atmósfera creativa que marcó un antecedente sobre la apropiación tecnológica desde la cultura, logrando la participación del público y la participación ciudadana activa y propositiva.

Partiendo de este primer experimento, sucesivas ediciones de Interactivos? se llevaron a cabo a lo largo de los siguientes años, cada una lanzando una pregunta especulativa que permitiera llevar a cabo, en paralelo y en un corto tiempo, varios proyectos investigativos abiertos y colaborativos que indagaran en posibles respuestas; consolidando un modelo en el aprendizaje de habilidades aplicadas a la producción de prototipos y productos, en el que el típico formato de instructor y pupilo se reorganiza a favor de la colaboración entre los mentores, participantes, practicantes y público que trabajan unos junto a los otros desarrollando proyectos. La magia y la tecnología (interactivos? 07), la ciencia de garaje (interactivos?'09), el movimiento en la ciudad (interactivos?'17), o el futuro verde (Interactivos?'18) son ejemplos de algunos de los temas tratados en estos años.

> En esencia, la metodología Interactivos? se basa en reunir diariamente, durante alrededor de dos semanas, a un equipo de ciudadanos (en general, de distintas disciplinas y profesiones) que van a colaborar en función de desarrollar una solución a un problema presentado por un par denominado "promotor de la idea". Allí, la primera medida

> de éxito en el avance del proyecto está dada en cómo la idea y la propuesta de solución inicial es trabajada libremente por el grupo y retroalimentada en base a los aportes de los participantes. En esta etapa, la colaboración es esencial, dado que todos los miembros del equipo son pares, es decir, que están al mismo nivel, incluido el usuario promotor, de quien especialmente se espera que una vez que ha contado el problema, el contexto y alguna solución posible, libere el control del mismo al grupo. El grupo desarrolla reuniones de trabajo y cuenta con la asistencia de distintas personas: mediadores, mentores y consultores temáticos. Los mediadores asisten al grupo en cualquier cosa que necesiten para desarrollar su tarea, ya sea en temas de infraestructura, de recursos de trabajo o incluso en asuntos de hospitalidad que hagan al equipo sentirse más a gusto en el espacio. En general, a cada grupo de trabajo se le asigna un mentor, quien tiene por función ayudar a la consolidación del grupo, a conocerse entre sus miembros y a entender la metodología Interactivos? (Bordignon, 2017).

Bajo esta metodología, el modelo Interactivos? y su energética actividad llevaron a la realización de múltiples prototipos tecnológicos en los lapsos temporales de apenas dos o tres semanas, usando las herramientas, espacios y materiales del MLP. Todas las ediciones contaron con invitados especiales, mentores, colaboradores y visitantes, intensificando una atmósfera de creación y producción transdisciplinaria. Al mismo tiempo, se organizaban en el centro cultural seminarios, conferencias y actividades alrededor de las temáticas elegidas en cada edición. Los participantes se reunían en proyectos previamente seleccionados, ofreciendo sus conocimientos y experiencia para la elaboración de prototipos que surgían de la colaboración y el trabajo en equipo. La primera edición de Interactivos? y todas las posteriores, tuvieron un fuerte impacto en la comunidad artística y ciudadana que empezaba o

empezó a interesarse por sus temáticas.4.1.1. Interactivos?'09: Ciencia de Garaje

En la cuarta edición del programa "Interactivos?'09: Ciencia de Garaje", entre otras propuestas, se trabajó en la puesta en marcha un "laboratorio doméstico" empleando el prototipado colaborativo y tecnologías de software y hardware libre aplicadas a la investigación científica abierta. El enfoque innovador se basaba en la formación de comunidades que pudieran llegar a desarrollar un conocimiento científico-técnico equiparable al que se produce en los grandes laboratorios. "La ciencia de garaje no es nada nuevo, pero ahora más que nunca los laboratorios caseros están conectados. Estos laboratorios son de todo tipo: fábricas de tecnología, laboratorios de química o biología, talleres de artistas, locales de ensayo, etc." (Medialab Prado, 2009a, párr. 2)

> Ciencia de garaje es un término rebosante de posibilidades utópicas; sin embargo, a diferencia de otras florituras retóricas utópicas, la forma de producción que describe puede tener un impacto revolucionario en el paisaje de la vida cotidiana. En su visión más pomposa la ciencia de garaje se asocia con visionarios excéntricos y *hackers* de super nivel que han cambiado el mundo. La bombilla, la radioactividad, los antibióticos, el sintetizador, el ordenador personal, etc. Todos comenzaron de alguna manera como trabajos caseros. Puede que los resultados revolucionarios no sean probables, pero sin duda son posibles. (Medialab Prado, 2009a, párr. 6).

La ciencia de garaje devuelve el protagonismo a la inquietud científica como un interés que cualquier persona puede desarrollar, independiente de las ataduras privadas y exclusivas de la ciencia de alto nivel del siglo XX, que ha conformado un imaginario donde el científico se encuentra en un pedestal difícil de ocupar, respaldado por los grandes laboratorios e instituciones. En este

sentido la revolución planteada por la ciencia de garaje permite abrir la caja negra de la ciencia, devuelve el sentido "casero" a la investigación científica, retomando prácticas sepultadas por la era industrial donde la ciencia era parte de la cotidianidad y era un espacio más de la casa del investigador, o era parte de un taller compartido de gremio de oficios (Medialab Prado, 2009a). Este movimiento recupera los orígenes de la ciencia, en un momento en el que las investigaciones eran asimiladas desde distintas especialidades, creencias y oficios, abarcando no solamente la ejecución de procedimientos de laboratorio, sino que además implicaba que las personas asumieran el rol de inventores, desarrollando instrumentos y experimentos relacionados con su quehacer científico.

En el siglo XXI, el software y hardware libre, la ciencia ciudadana, el DIYbio, el bioarte y el *biohacking*, han permitido retomar esta relación con la ciencia, incentivando a individuos y comunidades transdisciplinares a desarrollar proyectos e investigaciones en red, experimentando con distintas tipologías del laboratorio, reinventando, copiando o desarrollando versiones de código libre de algunos instrumentos científicos customizados para ser fácilmente replicables y alterables. Uno de estos instrumentos, que ha generado una revolución y simplificado y democratizado enormemente el prototipado digital, es la impresora 3D, la cual, en sus orígenes era de alto costo y difícil acceso. Durante interactivos?'09 unos de los proyectos propuestos, dirigido por Zach Smith, fue el desarrollo de una impresora 3D de código abierto y autoreplicable. El prototipo obtenido, la *replicating rapid prototyper (*reprap) [prototipador de replicado rápido] (Figura 38), se convirtió en la primera impresora de estas características marcando el inicio de una revolución tecnológica derivada de la liberación de esta herramienta exclusiva y costosa, al producir un modelo en abierto a través de un desarrollo colectivo que ha sido el referente de muchos modelos posteriores (Medialab Prado, 2009b). Llevó a los hogares la posibilidad de prototipar objetos de plástico con precisión computacional, y su uso se ha extendido a un sin número de aplicaciones, lo cual demuestra como una tecnología de código abierto puede generar un gran

impacto social y económico, al ofrecer la posibilidad de prototipado, desarrollo y modificación a sus propios usuarios de una forma simple.

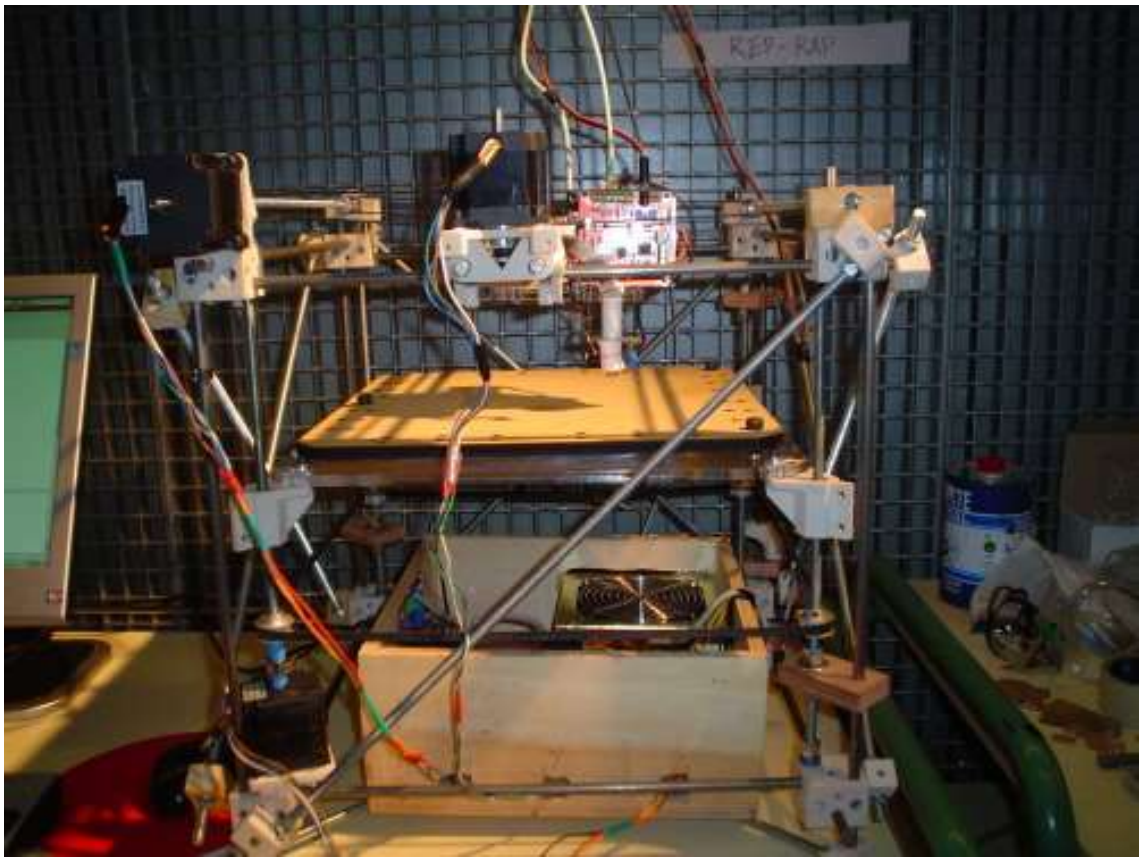

Figura 38. *Nota.* Adoptado de *Reprap primera impresora 3D de código abierto desarrollado durante Interactivos?'09: ciencia de garaje*, fotografía, 2009, tomado de Medialab Prado (https://www.medialab-matadero.es/article/interactivos09_ciencia_de_garaje_-_propuestas_seleccionadashttp://shorturl.at/frFUW), todos los derechos reservados.

También durante este evento y debido a las sinergias entre Andy Grace, Marc Dusseiller y Yashas Shetty se inició el proyecto Hackteria, una plataforma web de recursos y proyectos tipo wiki pensada para personas interesadas en bioarte, software y hardware abierto, DIYbio, colaboraciones entre arte y ciencia y experimentación electrónica (Dusseiller, s. f.). Desde 2009, Hackteria ha crecido hasta conformar una amplia una red de iniciativas y personas que contribuyen a la plataforma web por todo el globo. Desde 2009 colaboran activamente en la plataforma, entre otros; (Art) ScienceBLR; *the National Center for Biological Science* (NCBS) [Centro Nacional de ciencias biológicas]

y CEMA; Srishti, Escuela de arte, diseño y tecnología en Bangalore, India; Lifepatch – iniciativa ciudadana en arte, ciencia y tecnología; *the House of Natural Fiber* (HONF) [la Casa de las Fibras Naturales]; Universitas Gadjah Mada (UGM) en Yogyakarta, Indonesia; *the Swiss Mechatronic Art Society* (SGMK) [la Sociedad Suiza de Arte Mecatrónico]; GaudiLabs, laboratorio de desarrollo de software y hardware abierto; *BIO-DESIGN for the REAL WORLD* (*École polytechnique fédérale de Lausanne*, EPFL) [Biodiseño para el mundo real]; Kapelica Gallery in Ljubljana, Slovenia con una iniciativa de un laboratorio de bioarte y *biohacking* y BioTehna, plataforma para la investigación interdisciplinaria en ciencias de la vida.

4.1.2. Interactivos?'10: Ciencia de Barrio

Siguiendo la misma línea temática Interactivos? ´10: Ciencia de Barrio, se indagaba sobre las maneras de llevar el laboratorio a la calle e implicar al vecindario y por ende a lo local y comunitario en la ciencia, interconectando al mismo tiempo otras comunidades y contextos de forma global, los aficionados, profesionales y académicos comparten de forma distribuida el conocimiento sobre sus investigaciones y desarrollos. Los temas parten de especificidades de los contextos locales y se plantean a la comunidad vecinal como un agente que puede gestionar y desarrollar conocimiento científico y su aplicarlos a la toma de decisiones de la agenda pública, participar en investigaciones científicas, entrar en diálogo con políticas urbanas, medioambientales, culturales, educativas y/o tecnológicas, influyendo en lo local y las condiciones de vida de los barrios. Se plantea sacar el laboratorio del garaje a la calle y al vecindario buscando la integración de grupos de trabajo multidisciplinares donde las comunidades entren en diálogo horizontal con creadores y científicos. (Medialab Prado, 2010a)

Las necesidades de algunos de los proyectos seleccionados para esta convocatoria llevaron a establecer de forma temporal un espacio de biolab que

funcionó durante los días del evento como un espacio "húmedo" de experimentación con biología y procesos bioquímicos, requeridos como parte de algunos experimentos en los que se trabajaba con seres vivos. En el proyecto Lilipods*,* Kelly Andres y su equipo colaborador colectaron muestras de agua de distintas fuentes de la ciudad con la intención de someter esas muestras a análisis con una serie de indicadores de la calidad del agua (pH, nitrato, BOD, oxígeno disuelto, fosfatos). empleando herramientas DIYbio desarrolladas específicamente que permitían a la ciudadanía acercarse a la temática de la biorremediación de hábitats, a través de medios prácticos y tecnológicos. Lilipods empleó el biolabs para la realización de las pruebas experimentado en la construcción de un primer prototipo de hardware y software de código abierto que contenía sensores de pH y temperatura, permitiendo a los ciudadanos que construir su propio Lilipod y alimentar la red con datos. Se diseñó como una hoja capaz de flotar en el agua y enviar datos por bluetooth que alimentan bases de datos para visualizar el estado y los cambios en el tiempo de cada fuente hídrica (Medialab, 2010b).

En el proyecto Algas Verdes (Figura 39), el autor de esta tesis, junto a un equipo de colaboradores, propuso construir un fotobiorreactor de bajo coste, fácil de ensamblar y DIY para el cultivo casero del alga verde de la especie *chlorophyta*, empleando especímenes colectados en el río, fuentes, charcos, y otros lugares, en los alrededores de MLP. El biorreactor DIY prototipado estaba equipado con sensores de oxígeno (o2), dióxido de carbono (CO2) e hidrógeno (H), lo que permitía observar el comportamiento bioquímico de las algas en una atmósfera artificial. El fotobiorreactor fue construido con materiales locales y reciclados y empleando software y hardware de código abierto. El interés del cultivo casero de algas reside en su capacidad de limpiar el aire a su alrededor, captando co2 y liberando oxigeno; y además en las posibilidades de uso de una fuente energética que puede emplearse para varios fines, como por ejemplo la fabricación biocombustibles, la producción de electricidad o en alimentación. Tras el primer prototipo diseñado en el MLP, Algas Verdes continuó su desarrollo en Bogotá, a través de alianzas institucionales como Tecnoparque Bogotá y Plataforma Bogotá, que proporcionaron laboratorios,

espacios y recursos para explorar las posibilidades del modelo como objeto arquitectónico y artístico profundizando en la capacidad para la producción de la biomasa que se emplean para la generación de energía eléctrica por medio de celdas de combustible microbiana (Mestizo, 2011, pp. 174-176).

Figura 39. Nota. Adaptado *de prototipo de biorreactor para el cultivo de algas verdes desarrollado durante interactivos?'10*, fotografía, 2010.

4.1.3. Interactivos?´16 Mundos Posibles.

En el año 2016, Interactivos?'16 Mundos Posibles se centró en la exploración de los usos creativos y colaborativos de las tecnologías digitales, a través de varios núcleos temáticos desde el arte, el diseño crítico o la ciencia ciudadana. Los proyectos desarrollados tuvieron tres enfoques tecnológicos: 1. Hardware y electrónica creativa: vestimenta como interfaz, aplicación de dispositivos electrónicos programables o no. 2. Experimentación biológica creativa: creación de interfaces electrónicas basadas en los procesos biológicos de

microorganismos; biosensores; desarrollo de sistemas de código abierto y redes de sensores para monitorización de meteorología, aire, suelo, plantas, desperdicios. 3. Usos creativos del código: visión artificial, realidad aumentada, experimentación sonora, experimentación gráfica, usos críticos de herramientas de interacción social, etc. (Medialab, 2016). En esta edición, guiada por los mentores a Marc Dusseiller (Hackteria) y Chris Sugrue, se celebraron los 10 años del programa, por lo que se invitó a participantes de ediciones pasadas para realizar actividades especiales, entre ellos a David Cuartellies, Hans C. Steiner y al autor de esta tesis.

Esta edición, también inauguró un programa paralelo de residencias artísticas que contó con la presencia de la bioartista Vanessa Lorenzo con el proyecto Biofilia Urbana (Figura 40). La artista propuso un proyecto colaborativo de investigación, diseño y arte a modo de "manual para la supervivencia terrenal", basado en un proyecto especulativo que se había iniciado previamente en el *biohackspace* Hackuarium en Génova. Biofilia Urbana emplea una impresora 3D hackeada para inocular microorganismos en cajas de Petri y busca microorganismos del ambiente que puedan ser cultivarlos y usados como insumo de esta impresora. *"The exploration of the poetic visual link that people's and places' bacteria and fungi can reveal. Is not only about future biomaterials, it is also about multispecies meta relations and symbiosis"*. [No se trata solo de biomateriales futuros, también se trata de metarrelaciones de múltiples especies y simbiosis] (Lorenzo, 2016).

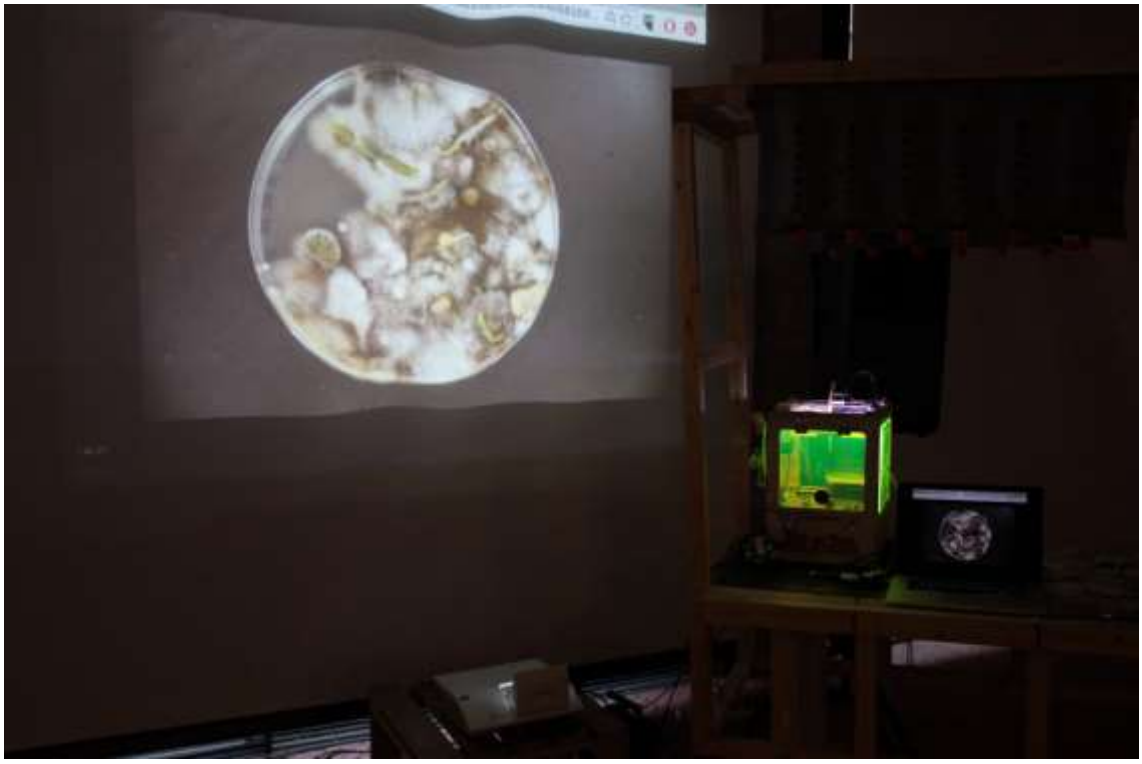

Figura 40. *Nota.* Adaptado de *Biofilia Urbana, instalación resultada de la residencia artística interactivos?'16*, fotografía de Medialab prado, 2016, tomado de Vanessa Lorenzo (https://hybridoa.org/biofilia-urbana), todos los derechos reservados.

Uno de los proyectos de prototipado vinculados a esta convocatoria, el proyecto *Open Source Estrogen* [Estrógenos de Código Abierto] (Figura 41) dirigido por Mary Tsang y Bryon Rich, investigaba las diversas formas en que los estrógenos están colonizando a nivel molecular la sociedad humana, impactando en los cuerpos y los ecosistemas. El estrógeno es la molécula sexual más antigua, por lo que su efecto mutagénico altera todos los taxones animales, incluyendo los humanos. A través de la práctica del DIYbio, se desarrollaron una herramienta de bajo costo para la detección de la presencia de estrógenos en el agua; lo llamaron el *Solid Phase Extractor - Yeast Estrogen Sensor* (SPE-YES) [Extracción en fase sólida seguida de Sensor de estrógeno de levadura]. En un laboratorio improvisado en el MLP experimentaron con diferentes mezclas químicas y materiales para lograr la detección de la hormona de una manera económica y viable.

Por otra parte, los estrógenos que pueden alterar el comportamiento sexual y endocrino del cuerpo son usados por la industria farmacéutica en píldoras anticonceptivas o tratamientos de personas trans. Por eso el equipo de *Open Source Estrogen* trabajó además en la recontextualización de la cocina como laboratorio de bioquímica, elaborando recetas de código abierto para que cualquier persona pudiese preparar sus propias hormonas o analizar la presencia de estas en el cuerpo.

> La industria farmacéutica ha dictado las principales aplicaciones de la biomolécula de estrógeno en las píldoras anticonceptivas y la terapia de reemplazo hormonal. La píldora es una sustancia con carga política que es tanto una herramienta para el control de la población como para la liberación del trabajo reproductivo y la vida doméstica (el reciente brote del virus del Zika requiere el acceso a anticonceptivos ya que las mujeres embarazadas y su descendencia corren mayor riesgo). La terapia de reemplazo hormonal es aún más difícil de conseguir, ya que requiere el diagnóstico de disforia de género como condición psicológica para justificar el transgénero. Por lo tanto, preguntamos: ¿puede la intervención biológica liberar nuestros cuerpos vinculados a la sociedad mediante la mutación a nivel molecular? (Rich, 2015).

Figura 41. *Nota.* Adaptado de *estrógenos de código abierto, instalación presentación de proyectos interactivos?'16*, fotografía, tomado de Mary Tsang (https://maggic.ooo/Open-Source-Estrogen-Interactivos-16), todos los derechos reservados.

4.2. Laboratorio de Ciencia Ciudadana (CiCilab)

La programación continua del Medialab Prado, los proyectos y actividades que se desarrollaban diariamente, se gestionaron a través de seis líneas de investigación o laboratorios temáticos, que operaron de forma independiente, pero de manera interconectada. Uno de ellos fue el laboratorio de Ciencia Ciudadana (CiCIlab), que se encargaba de promover las actividades y participación en procesos de investigación científica. CiCilab, buscaba contribuir a que la investigación científica fuera más democrática y transversal y que integrase perspectivas diversas; partiendo de los presupuestos de la ciencia abierta, en los que se promueven formas de experimentación y

producción colectiva de conocimiento haciendo abiertos los datos, las metodologías y los resultados de los procesos de investigación científica. (Garcia, 2018b, pp. 8-12).

Chema Blanco coordinó CiCilab durante 2015-2019, vinculando al MLP con una gran variedad de instituciones y personas interesadas en la ciencia ciudadana en todas las escalas. En estos años se llevaron a cabo, por ejemplo, dos encuentros nacionales de ciencia ciudadana (2017 y 2018) y dos seminarios de ciencia ciudadana para docentes, desarrollando además numerosas actividades para público infantil y familiar. CiCilab coordinó a nivel nacional el programa europeo DITOs, financiado por el programa Horizonte 2020 de la Comisión Europea en el período 2016-2019, liderando actividades relacionadas con sostenibilidad medioambiental (Medialab Prado, s. f.). En el marco de DITOs se organizó el programa Interactivos?' en sus ediciones 17, 18 y 19, que exploraron temáticas relacionadas con la ciencia ciudadana, también se implementó un biolab permanente en el edificio de MLP de la mano del programa BioCrea: Espacio Abierto de Biología Creativa.

Todos los laboratorios temáticos del Medialab Prado, fueron de gran importancia en su estructura y el eje central de sus actividades. Garcia (2018b, pp. 8-12) explica así el enfoque de los cinco restantes:

- DataLab: Laboratorio de Datos abiertos. Tuvo como objetivo la experimentación, producción y divulgación respecto a los datos. Investiga y experimenta con prácticas como la visualización de información, la minería de datos, el periodismo de datos, etc. Quiso promover y facilitar las políticas de acceso y reutilización de la información que defienden movimientos como el Open Data y la Ciencia Abierta, y las prácticas de transparencia institucional y gubernamental.

- ParticipaLab: Laboratorio de Inteligencia Colectiva para la Participación Democrática. Estaba orientado al estudio, desarrollo y práctica de procesos de participación que puedan impulsar una democracia directa, deliberativa y distribuida. Se trabajó en el impacto de la participación y el grado de apropiación de estas herramientas por parte de la ciudadanía.

- InCiLab: Laboratorio de Innovación Ciudadana. Conectó a múltiples actores en torno a la experimentación para repensar la vida en la ciudad. A través del trabajo colaborativo se desarrollaron prototipos que crearon nuevas comunidades de aprendizaje y conectaron a las ya existentes.

- PrototipaLab: Laboratorio de prototipado creativo. Este laboratorio tuvo como objetivo la experimentación en los ámbitos de la programación creativa, el hardware creativo, el diseño y la fabricación digital con herramientas libres y abiertas, y su conexión con ámbitos como la biología, la cocina o el textil.

- AVLab: Laboratorio de Experimentación audio/vídeo. Es un espacio dirigido a las artes sonoras, visuales y escénicas basadas en procesos abiertos y colaborativos. Sus ámbitos de acción son: música experimental, procesado de audio y vídeo en directo, videojuegos, media-fachadas, artes escénicas, performance y actuaciones en directo.

4.3. OpenLab Madrid

Más allá de la implementación desde la práctica, el impulso esencial para la habilitación de un espacio físico como laboratorio de biología en el Medialab Prado fue realizado por un grupo de universitarios incluyendo físicos, biólogos, bioquímicos, farmacéuticos, liderados por Francisco Quero, quienes decidieron organizarse bajo el nombre de OpenLab Madrid, para realizar y apoyar proyectos relacionados con la biología y la ciencia ciudadana. El grupo se constituye en 2015 en el Hackspace Madrid, planteándola instalación de un laboratorio de *biohacking* en este espacio. Poco después, en 2016, OpenLab Madrid llega MLP, a través de una convocatoria pública de prototipado del fablab, con la idea de realizar instrumentos científicos de bajo costo, entre ellos una incubadora para microorganismos DIY de código abierto (OpenLab Madrid, 2017).

Figura 42. *Nota.* Adaptado de *esquema de laboratorio para Medialab Prado de OpenLab Madrid*, esquema, 2017, tomado de Medialab Prado.

En 2017, con el apoyo de MLP y el programa DITOs, se invitó a la comunidad OpenLab a diseñar y fabricar los equipos DIYbio necesarios para poner en funcionamiento un biolab en el centro cultural. Este laboratorio debería ser capaz de adaptarse a varios espacios, ser portátil, con el fin de trasladar y mover por el edificio instrumentos y materiales. El modelo propuesto se basaba en la construcción de 4 módulos metálicos con rodachines, que servían como almacenamiento y transporte y contenían, la vidriería de laboratorio, utensilios, microscopios y otros insumos necesarios para las actividades como reactivos, kits de biología y distintos medios de cultivo. También almacenaban las donaciones recibidas de equipos obsoletos y estropeados, que en el fablab se podían reparar o reciclar, usando sus piezas con el objetivo de armar un laboratorio propio (Zárate, 2019).

El trabajo del grupo OpenLab Madrid en el MLP se apoyaba una serie de encuentros alrededor del OScH usando instrumentos del fablab y la infraestructura de biolab móvil, como por ejemplo el taller de construcción de una incubadora DIY, ofreciendo un espacio abierto para que los participantes pudieran ensamblar su propia versión y usarla en sus casas, colegios, garajes, etc. Este taller "fue un éxito y los participantes aprendieron no sólo a construir la incubadora sino también a hacer medio de cultivo y sembrar microorganismos" (OpenLab, 2018).

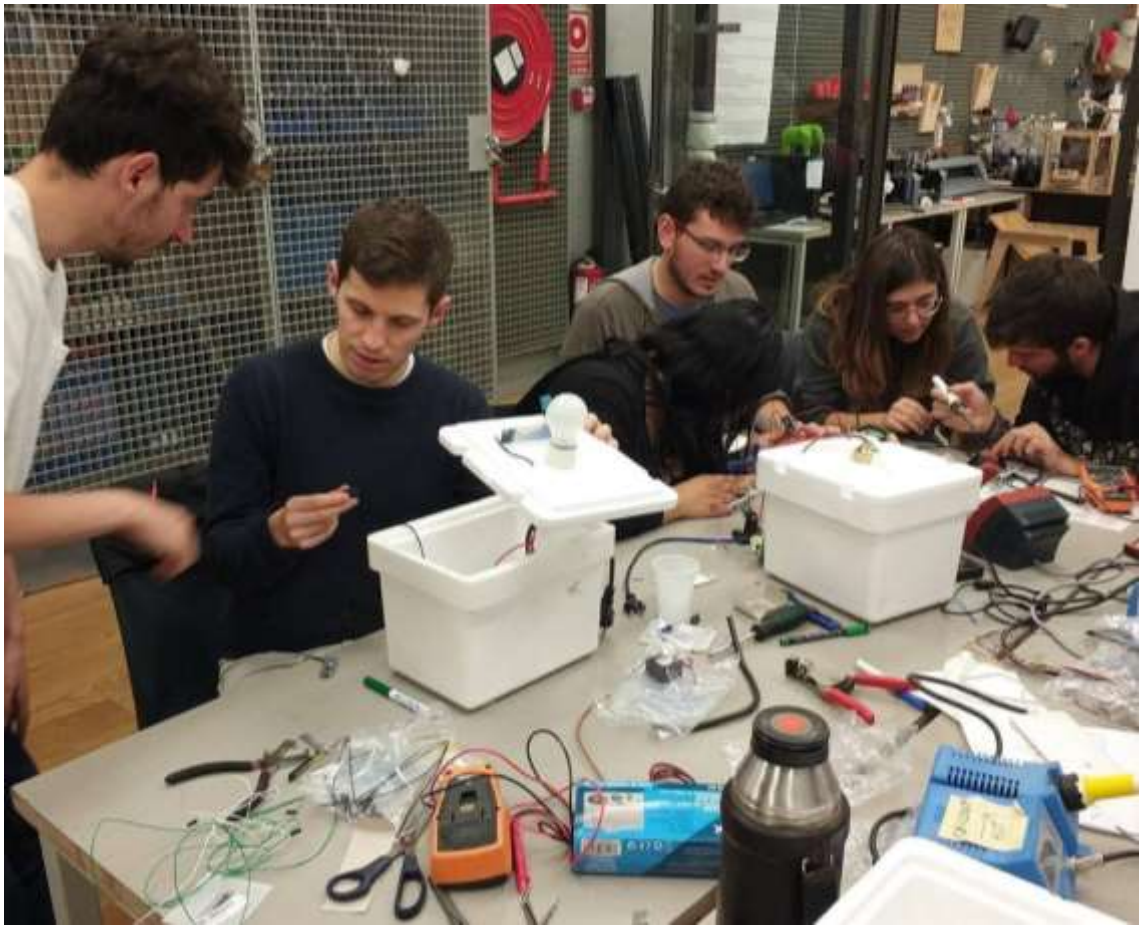

Figura 43 y 44. Nota. *Adaptado de mobiliario desarrollado por el equipo de OpenLab Madrid y taller de incubadoras DIY realizado en el Fablab el 18 de noviembre de 2017*, fotografía, tomado de Medialab Prado.

5. BioCrea: Espacio Abierto de Biología Creativa.

El programa "BioCrea: Espacio Abierto de Biología Creativa" (BioCrea) nació como parte de CiCilab, dada de la necesidad de generar espacios de creación y experimentación en temas relacionados con arte, diseño, biología y tecnología, en los que la ciudadanía pudiera reunirse y colaborar en el desarrollo de prototipos y participar en procesos creativos. Por todo ello, desde noviembre de 2018 a enero de 2020 se implementó el programa bajo la dirección del autor de esta tesis y la supervisión de Chema Blanco como director del CiCiLab del MLP. El propósito principal de BioCrea fue la habilitación de un laboratorio de biología permanente dedicado a la práctica del DIYbio, el OscH, el bioarte y la biofabricación en las instalaciones del MLP, al tiempo que se ejecutaba un programa de actividades paralelo dirigido a la creación de una comunidad transdisciplinar de investigadores que pudieran reunirse en el biolab y fablab para llevar cabo proyectos relacionados con las ciencias de la vida. Durante su periodo de actividad, BioCrea estimuló el encuentro de varios grupos de investigación involucrando distintos tipos de comunidades y personas que progresivamente se fueron articulando, por medio de reuniones periódicas según su propio interés en las temáticas y actividades desarrolladas. Lo anterior proporcionó una atmósfera de colaboración que logró el objetivo de desarrollar proyectos colectivos desde la práctica, la experimentación y la investigación transversal. A medida que se fue habilitando el laboratorio físico los grupos fueron realizaron sus investigaciones con un carácter público: los protocolos, metodologías y las tecnologías desarrolladas debían ser replicables y se procuró llevar una documentación del proceso. El equipo base de BioCrea acompañaba el quehacer de los participantes, encargándose de guiar las distintas etapas de producción y prototipado, con el enfoque en el desarrollo de iniciativas ciudadanas, y de sustentar conceptual y técnicamente las distintas etapas de los proyectos.

Conforme a lo anterior, el programa se dividió en dos líneas de trabajo que se implementaron de forma paralela:

1. La primera, relacionada con el acondicionamiento del laboratorio como espacio físico de biología y biotecnología, tuvo en cuenta protocolos de bioseguridad aplicados a las dinámicas de uso y las características espaciales del MLP. Para su desarrollo se escogió el espacio Minilab C del edificio de la serrería belga, debido a sus facilidades de ventilación y cercanía a fuentes de agua, recuperándose los avances realizados anteriormente por parte de OpenLab Madrid y usando el mobiliario móvil construido por ellos. Además, se repararon y pusieron en funcionamiento parte de las máquinas e instrumentación donada por laboratorios de investigación y universidades.

2. La segunda, enfocada al diseño de actividades tales como encuentros periódicos de grupos de trabajo, asesoramiento y seguimiento de propuestas, llamadas públicas para participar en los talleres, proyectos, y residencias, buscando vincular a un público diverso que participó de forma transversal en un proceso de investigación colectiva, colaborativa y abierta. Mediante la ejecución de estas actividades se logró explorar tanto herramientas como metodologías de trabajo que promovieron el debate sobre las formas de hacer y ser parte de la investigación científica y artística en el siglo XXI.

5.1. Objetivo general y específicos

El objetivo general que impulsó de BioCrea fue la implementación de un modelo de laboratorio público en el ámbito de la biología y biotecnología en las instalaciones de MLP en paralelo a un programa de actividades vinculado a este. Incentivando la participación ciudadana y el apoyo y asesoría a proyectos de prototipado biológico y digital que puedan generar modelos replicables y experiencias de creación y producción colectiva.

El programa se guiaba además por los siguientes objetivos específicos:

- Desarrollar proyectos en el ámbito de la biología que sean abiertos y estén documentados.

- Generar comunidades de aprendizaje y de práctica que incorporen a personas de perfiles diversos: científicos, ingenieros, artistas, diseñadores, estudiantes de todos los niveles, aficionados y ciudadanos en general.

- Diseñar y prototipar equipos de laboratorio de bajo costo y de código abierto para la docencia y la investigación como iniciativa que fomente el acceso a la ciencia desde el DIYbio y el OScH.

- Fomentar y facilitar procesos de polinización cruzada entre diferentes disciplinas, agentes e instituciones a través de alianzas y trabajo en red con instituciones, espacios de prototipado, asociaciones y colectivos: universidades, centros de investigación, AMPAs, fablabs, *hackerspaces, biohackspaces,* comunidades de interés, centros educativos, etc., tanto a nivel local, nacional e internacional.

- Promover estrategias de protección y cuidado del Medio Ambiente a través de la educación y el prototipado, como también el desarrollo y experimentación con biomateriales.

- Alinear las investigaciones y procesos con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas.

- Fomentar procesos de investigación éticos, sociales y sostenibles que se alineen con la *Responsible Research and Innovation* (RR) [Investigación e Innovación Responsable].

- Promover la Ciencia Abierta en la investigación.

5.2. Metodología de participación.

BioCrea planteó un espacio de creación basado en el estudio de prácticas de arte-ciencia y la exploración de diversos medios y lenguajes. La búsqueda, se vio favorecida por la diversidad sociocultural y de edades de la ciudadanía participante. A su disposición se pusieron herramientas teóricas, prácticas y técnicas para el planteamiento y desarrollo de ideas, propuestas y proyectos en concordancia con las dinámicas de participación ya establecidas en MLP, en este caso, aplicadas al fortalecimiento del vínculo del biolab con el público involucrado de forma creativa, lúdica y reflexiva.

La propuesta de participación conllevó la formación de varios grupos de investigación a partir de convocatorias públicas para ser parte de proyectos colaborativos propuestos por la propia ciudadanía que ya estaba involucrada en el proyecto; los nuevos integrantes podían a su vez proponer nuevos proyectos, lo que ayudaba a ampliar el alcance de cada convocatoria, atrayendo a distintos actores que aportaron desde sus propias motivaciones e intereses. El grupo base inicial, además, promovió el vínculo de los grupos de trabajo entre sí, y con instituciones y colectivos locales relevantes y en consonancia con cada una de las temáticas investigadas. BioCrea involucró también a otros equipos y comunidades tanto del MLP como de otros espacios a nivel local, nacional e internacional (BioCrea, 2019).

Además, cada grupo tuvo potestad en la toma de decisiones sobre la gestión de la programación, expectativas y necesidades del BioCrea desde el momento en que se inició el programa, lo cual alimentó constantemente la bandeja de actividades. Las distintas personas que fueron llegando se integraron fácilmente a las dinámicas del grupo, generando procesos de aprendizaje y de participación colectiva; las personas con un conocimiento específico lo enseñan a otras que lo ignoraban y estos a su vez a otros, generando un ambiente de aprendizaje horizontal. Esto suscitó una atmósfera de formación desde la

colectividad y la diversidad, que originó espacios de diálogo e intercambio de forma incluyente.

Entre los colectivos vinculados a BioCrea se resaltan los siguientes:

- Estudiantes de colegio, grado, maestría y doctorado de distintas disciplinas.
- Investigadores de laboratorios científicos y tecnológicos.
- Profesores y formadores de distintas áreas, principalmente en el ámbito de las ciencias naturales y desarrollo tecnológico.
- Artistas, diseñadores y aficionados interesados en el diálogo entre la ciencia, el arte y la tecnología.
- Otros laboratorios y grupos de trabajo en el MLP.

5.3. El equipo de trabajo

El equipo de BioCrea encargado de la gestión de BioCrea estuvo conformado por profesionales de distintas disciplinas que apoyaron en la ejecución del proyecto en todas o algunas de sus fases. Este equipo trabajó conjuntamente para brindar un entorno propicio para la creación y funcionamiento de los distintos grupos de investigación. Potencializó el trabajo de estos, apoyando sus propuestas, prototipos y proyectos en un ambiente de laboratorio con un enfoque metodológico de participación horizontal, colaborativa, abierta y ciudadana. Los miembros de este equipo de trabajo ya habían colaborado anteriormente con diferentes programas del MLP, por lo que conocían los principios de funcionamiento del centro cultural, manteniendo las sinergias de un proceso cooperativo relacionado con el prototipado de instrumentación, la

ciencia ciudadana y las relaciones entre arte, ciencia, la tecnología y comunidad que se había gestado en los años previos.

El equipo base de BioCrea aportó insumos a las metodologías de trabajo colaborativo y manejo de las dinámicas que el MLP estaba desarrollando; participó en a la programación de actividades y apoyó en el diseño y el desarrollo de convocatorias y residencias, así como en la realización de otras iniciativas y la vinculación de otros grupos de trabajo en marcha en el centro cultural. A la vez, el equipo del MLP se implicó en el devenir de BioCrea desde sus especialidades, realizando labores de apoyo que incluyeron la dirección artística, mediación cultural, coordinación general, gestión administrativa, producción, comunicación y asistencia técnica para el uso del fablab.

Formaron parte del equipo de trabajo del BioCrea/MLP las siguientes personas;

- Comisariado, coordinación y asesoría artística: El autor de esta tesis. Realizó la coordinación general del proyecto en todas las fases y por el periodo descrito en esta tesis.

- Asesoría tecnológica: Daniel Pietrosemoli. Coordinador del Fablab de Medialab Prado. Facilitó el uso del espacio, los equipos y las herramientas del Fablab para el prototipado instrumental de BioCrea y en los proyectos que se desarrollaron en el marco de las convocatorias abiertas. Apoyó con el asesoramiento en temas específicos de la fabricación digital y la ejecución y enseñanza del uso de las máquinas y herramientas.

- Asesoría científica: Francisco Quero. Biólogo, creativo. Acompañó el desarrollo de equipos, iniciativas y proyectos mezclando prácticas en biología con la cultura *maker*, electrónica y programación. Colaboró con la ideación del biolab del Medialab Prado a través del proyecto OpenLab Madrid en 2018, siendo el antecedente directo de BioCrea. Dirigió el

grupo de investigación Madrid iGEM 2019 (Una competencia internacional en biología sintética organizada por MIT).

- Dirección artística de MLP: Marcos García. Acompañó el proyecto desde las líneas generales y sus objetivos con relación al centro cultural y sus dinámicas.

- Gerencia de MLP: Clara Lapetra. Supervisó la ejecución del proyecto en los aspectos organizativos, de gestión y económicos.

- Coordinación del programa cultural de MLP: Laura Fernández. Supervisó el desarrollo del proyecto en lo relacionado con los contenidos y el programa de actividades del centro cultural, facilitando los flujos de comunicación con el equipo del centro y su vinculación con otros elementos de su programa.

- Coordinación del Laboratorio de Ciencia Ciudadana: Chema Blanco. Facilitó la integración de los grupos de trabajo con otros proyectos del CiCilab, coordinó el proyecto DITOs para MLP. Integró BioCrea a proyectos ya existentes y apoyó la creación de la red de colaboraciones y alianzas.

- Mediación del Laboratorio de Ciencia Ciudadana: Silvia Teixeiro. Dio a conocer el programa, los procesos creativos y los proyectos a visitantes y usuarios.

5.4. Divulgación

El equipo vinculado a BioCrea realizó varias jornadas de puertas abiertas, como parte de las actividades de exhibición y encuentro programadas por el MLP presentándose ante el público del centro cultural y explicando las temáticas del laboratorio a través de charlas y talleres ejecutados por los grupos de

investigación como parte de su labor divulgativa. Las jornadas de puertas abiertas sirvieron además para realizar evaluaciones subjetivas que pusieron en común ideas, conceptos y actividades, a través la participación de las personas en las actividades de los grupos, mostrando sus procesos y resultados, e invitando al diálogo con los visitantes.

El equipo de mediación de MLP incorporó la visita al biolab como parte de sus recorridos de divulgación, presentando el BioCrea a través de las visitas guiadas al espacio, mostrando los contenidos del lab a los demás grupos de trabajo y a residentes y visitantes. Los mediadores facilitaban el acceso a otros espacios, materiales y equipos especializados del MLP usados como herramientas por los grupos de investigación. Además, el área de comunicación del centro acompañó la divulgación de las actividades y convocatorias a través de su página web y redes sociales como también las del Ayuntamiento de Madrid.

Por otra parte, los grupos de investigación de BioCrea, participaron en eventos de divulgación científica y artística como: el primer Foro Internacional de Ciencia Ciudadana de España organizada por Ibercivis en MLP; la Feria de Madrid por la Ciencia y la Innovación 2019; el XVIII Congreso Ibérico de Etimología en La Universidad Complutense de Madrid; el encuentro Biosummit 3 en el MIT Medialab en Cambridge EE. UU., entre otros.

Figura 45. Nota. Adaptado *de grupo de investigación del OScH en la escolaridad en la Feria de la Ciencia y la Innovación de Madrid,* 2019.

Figura 46. Nota. *Adaptado de presentación de BioCrea en el Biosummit 3 en Media Lab MIT*, 2019.

Figura 47. *Nota.* Adaptado de *Presentación del proyecto en el XVIII congreso ibérico de Entomología*, Facultad de Biología, Universidad Complutense de Madrid, 2019.

5.5. Resultados obtenidos.

Realizada una evaluación *ex post* de la labor llevada a cabo en BioCrea por parte del equipo de trabajo y los participantes de los grupos de investigación, se destacan los siguientes resultados obtenidos:

- Consolidación una comunidad en la ciudad de Madrid compuesta por varios grupos de investigación, involucrando estudiantes, profesores, aficionados y profesionales quienes asistieron a los espacios y trabajaron en distintos proyectos de bioarte, biodiseño y ciencia participativa.

- Elaboración de un repositorio virtual en abierto en la página de MLP con reseñas a los proyectos desarrollados y grupos de trabajo de BioCrea: planos, videos, documentación. (BioCrea, 2019)

- Impulso de la cooperación interinstitucional entre MLP y universidades, colegios y centros de investigación para la promoción y la aplicación de la ciencia en contexto reales.

- habilitación de un biolab permanente en el MLP autogestionado por sus usuarios.
- Elaboración de modelos y planos de instrumentos científicos DIY como varios modelos de microscopios de bajo costo, la incubadora Incubox y la trampa para mosquitos Flebocollect.

- Desarrollo de herramientas pedagógicas, procedimientos y métodos de investigación en el ámbito del DIYbio y el OscH y la ciencia ciudadana.

5.6. Sostenibilidad y continuidad

Gracias al desarrollo del programa BioCrea el MLP finalmente contó con una infraestructura consolidada en cuanto a espacio, instrumental y red de colaboraciones para trabajar en proyectos de biología creativa. Después del impulso proporcionado por este proyecto, el espacio físico y relacional del biolab funcionó de manera independiente y autónoma apoyándose en el laboratorio de fabricación digital, proporcionando el instrumental necesario para la experimentación de la biología aplicada al prototipo de arte y diseño. BioCrea se sustentó en la estructura general de MLP y su programa, habilitando un espacio, un contexto y muchas facilidades para que la ciudadanía pudiera proponer desarrollar proyectos de manera abierta y colaborativa en un entorno transdisciplinar. Así, una vez puesto en marcha el espacio y mejoradas sus

instalaciones y prestaciones, el biolab pudo dar soporte a todos aquellos proyectos seleccionados mediante otras convocatorias del centro o bien propuestos por los grupos de trabajo residentes en MLP que requerían utilizar el espacio y el instrumental de un laboratorio de biología.

El programa en sus dos líneas de trabajo, el plan de actividades y las herramientas producidas pueden servir de referente para nuevos proyectos que involucren las temáticas estudiadas en otros centros culturales o espacios, siendo una guía de la cual se pueden tomar elementos y replicar.

6. Desarrollo de actividades.

El programa BioCrea se desarrolló entre octubre de 2018 y enero de 2021, durante este periodo se realizaron una serie de actividades abiertas al público como parte de la programación habitual del MLP. Todos los martes y jueves en la tarde se abrió un espacio de encuentro habitual de trabajo e investigación en el que participó activamente una comunidad variada de personas y perfiles, conformada por estudiantes y profesores de varios niveles y también por personas relacionadas con la biología, incluyendo científicos, artistas, diseñadores y público en general. De esta forma, en ese periodo de tiempo, se desarrollaron proyectos propiciados por los usuarios y sus necesidades específicas.

La programación de actividades dentro de BioCrea contó con seguimiento metodológico mensual por parte del equipo base, mediante el cual se definían y revisaban las líneas de acción, la ejecución presupuestaria, el cumplimiento de los objetivos y la evaluación de resultados pensando en la fluidez y crecimiento del programa. Los resultados se midieron mediante los siguientes indicadores:

- Diversidad de personas y agentes (género, edad, disciplina).
- Creación de red: organizaciones y colectivos implicados.
- Participación de entidades educativas de diferentes niveles.
- Desarrollo de equipamiento y su documentación.

- Desarrollo de proyectos y su documentación.

6.1. Ideación del programa de actividades.

Al inicio del programa, el equipo base de trabajo se enfocó en el diseño del plan anual de actividades para el curso 2018-2019, adoptando la filosofía del DIYbio y el *biohacking* como parte de los contenidos prácticos. Partiendo de estos, se establecieron las rutas conceptuales, creativas y logísticas de las actividades a lo largo del marco de acción temporal, buscando ofrecer un espacio de experimentación en todos los niveles educativos y a un público variado y heterogéneo. Las estrategias de ejecución y planeación teórico-práctica dieron coherencia temática a todo el programa.

Como acompañamiento al plan de actividades se esbozaron las bases de las convocatorias públicas y la residencia, y se elaboró un mapa inicial de agentes (Figura 46), teniendo en cuenta los contactos de la red ya establecida del laboratorio de ciencia ciudadana. BioCrea se puso en contacto con algunos de ellos a lo largo de programa, principalmente a nivel local, obteniendo colaboraciones con la Fundación Ibercivis, El Real Jardín Botánico de Madrid, el CSIC e Instituto Gómez Moreno de Madrid. Las actividades del biolab empezaron a ser parte de la programación del MLP desde el año 2018, permitiendo al público en general e interesados en el programa entrar en contacto directo con los grupos de investigación y los proyectos que allí se desarrollaron.

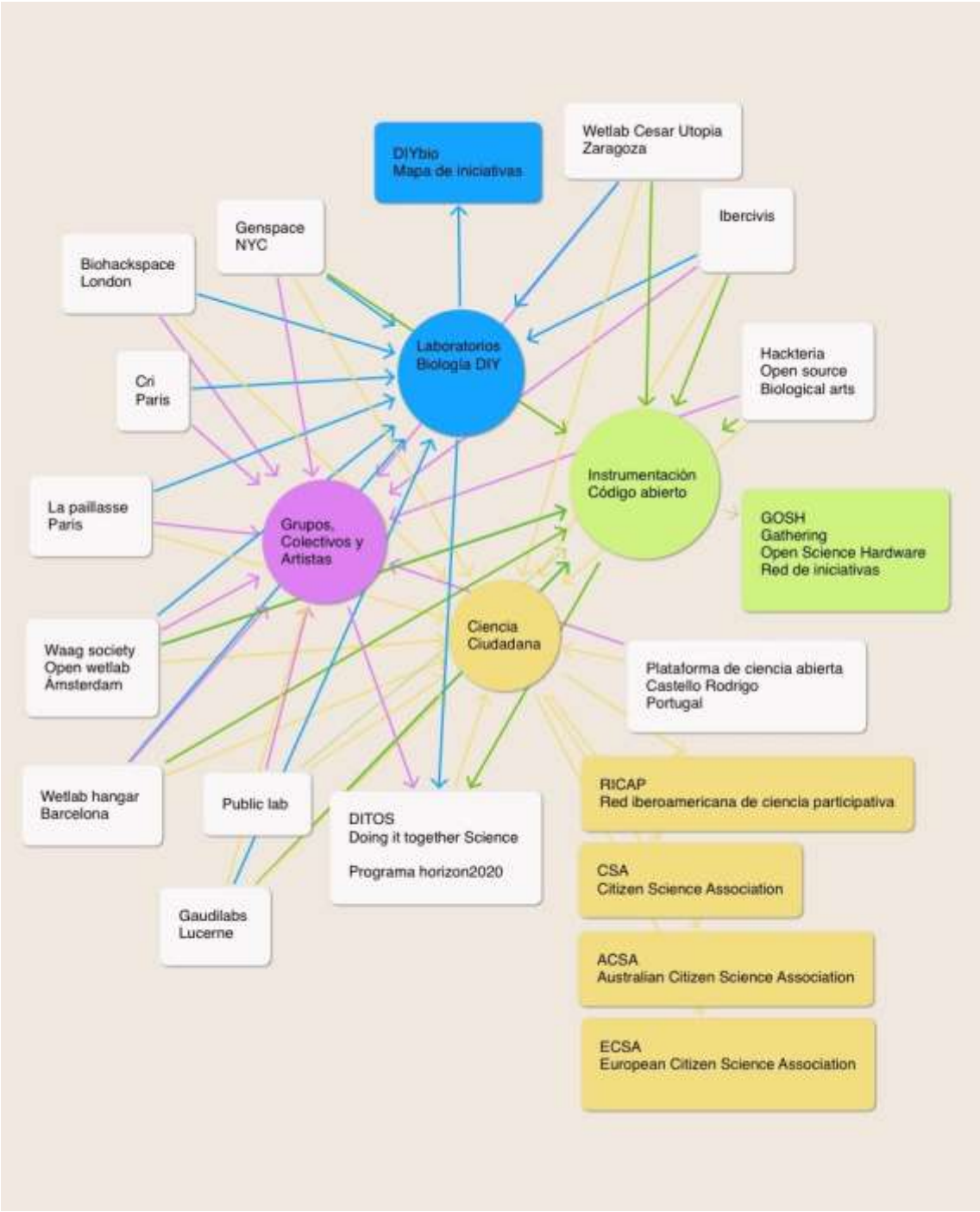

Figura 48. Nota. Adaptado de Mapa de agentes desarrollada por el equipo de BioCrea en octubre de 2018, tomado del programa BioCrea Medialab Prado.

6.2. Plan de actividades.

Se resume a continuación el esquema del plan anual de actividades de BioCrea para el periodo 2018-2019:

Fecha: Noviembre-diciembre 2018
Temas: - Activación del biolab. - Formación grupo base BioCrea. - Habilitación laboratorio.
Actividades: - Lanzamiento del programa y llamamiento público a participar y proponer grupos investigación. - Reuniones iniciales con los interesados. - Puesta en común y desarrollo de programa según intereses de los participantes. - Diagnóstico del estado de instrumentación: Jornadas de cacharreo y reparación. - Compilación de materiales.

Fecha: Enero-marzo 2019
Temas: - Instrumentación DIY.

- Microscopia DIY. - Biosensores. - Banco de ideas grupo base.
Actividades: - Talleres de construcción, ensamble y experimentación de microscopios de cartón. - Talleres de hackeo y prototipado digital para la construcción de microscopios digitales a partir de cámaras web. - Jornadas de conceptualización de incubadora DIY. - Llamada pública a proyectos. - Selección de proyectos.

Fecha: Abril-junio 2019
Temas: - Microscopia DIY. - Biosensores. - Prototipado digital.
Actividades: - Reuniones equipo base y grupos de investigación. - Laboratorios de construcción y experimentación. - Talleres de programación con arduino: sensores de gases, temperatura y humedad. - Asesoramiento y seguimiento de proyectos.

Fecha: Julio - octubre. 2019
Temas: - Incubadora DIY. - Microscopia DIY. - Biomateriales. - Cultivo de microorganismos.
Actividades: - Reuniones equipo base y grupos de investigación. - Residencia de verano para un artista coreano. - Acompañamiento conceptual y técnica al proyecto de residencia. - Talleres de cultivo de microorganismos y experimentación con medios y bioreactores. Talleres de visualización de microorganismos con microscopios digitales y programación. - Talleres de programación con arduino: control de hardware, visualización con micropantallas. - Talleres de electrónica: control de calefactor y ventilador. Impresión de circuitos con CNC. - Asesoramiento y seguimiento de proyectos. - Muestra de proyectos.

Fecha: Noviembre - diciembre. 2019
Temas: - Autoevaluación del grupo. - Continuidad o planteamiento de llamada a nuevos proyectos.

Actividades:

- Reuniones equipo base y grupos de investigación.
- Cierre de proyectos. Jornadas de documentación de las actividades y productos de BioCrea 2019.

6.3. Habilitación del laboratorio.

Octubre 2018 a octubre 2019. En este periodo, la actividad principal para del BioCrea fue la adecuación del espacio Minilab C como biolab (los Minilabs son espacios de cotrabajo independientes dentro del MLP que se encuentran en la primera y segunda planta del edificio con una capacidad de aforo aproximadamente de 30 personas). Se vigilo que el espacio que cumpliese con las condiciones básicas para la investigación en temas relacionados con biología y biotecnología de forma pública. Para este fin, se retomó el mobiliario diseñado y construido por OpenLab Madrid durante el 2018, 2 mesas largas y 4 gabinetes móviles con ruedas, así como también el instrumental especializado, recibidos por donaciones a OpenLab Madrid (una cabina de flujo laminar, incubadoras, agitadores, centrifugadoras, entre otros). Los materiales y herramientas se almacenaron en los gabinetes clasificados de acuerdo con su uso según las posibles actividades previstas: biomateriales, microscopía, genética y cultivos. Una de las mesas se habilitó para el trabajo manual y la otra de soporte de la cabina de flujo laminar.

Figura 49. Nota. Adaptado de Inventario de instrumentos y adecuación del espacio en el edificio de Medialab Prado, diciembre 2018.

En términos prácticos se buscó ofrecer un espacio de trabajo en condiciones de seguridad e higiene teniendo en cuenta el uso y manipulación de seres vivos por parte de los grupos trabajo, garantizando las condiciones básicas necesarias para el desarrollo de proyectos sin poner en riesgo a las personas ni, en general, al centro cultural. Las buenas prácticas de los experimentos y el buen manejo de los residuos también fueron esenciales para el funcionamiento del biolab. La Organización Mundial de la Salud (2005) establece cuatro niveles de bioseguridad en relación con el manejo de patógenos, la peligrosidad de los reactivos y la exposición del cuerpo y del ambiente a estos en los procedimientos y experimentos. En el caso de BioCrea se adecuó un laboratorio de nivel 1 donde el riesgo individual es mínimo y el poblacional es escaso o nulo.

En cuanto al equipo personal el biolab proporcionaba a todos los usuarios batas o uniformes especiales de trabajo, especialmente al manipular químicos o

cultivos, así mismo, se empleaban guantes protectores en los experimentos en estos cultivos podían entrar en contacto directo o accidental con líquidos corporales, microorganismos o químicos. También se usaron gafas, máscaras, mascarillas y/o viseras cuando fue necesario proteger los ojos y el rostro de salpicaduras, impactos, radiación, vapores o microorganismos presentes en el aire.

Durante este periodo, además, en relación con la habilitación permanente del biolab, se definieron, junto con el equipo base del MLP, los siguientes insumos:

- **Identidad visual:** se diseñó la identidad visual del proyecto y del espacio, teniendo en cuenta la señalética y museografía.

- **Materiales de comunicación:** Se realizó un plan de comunicación y diseñó las piezas de comunicación, como la adaptación a formatos análogos y digitales: página web, banners, etc.

- **Normas de uso:** Se desarrolló un manual de uso del espacio y de comportamiento en el laboratorio alineado con las normas generales del Medialab y las específicas del laboratorio teniendo en cuenta la seguridad y la ética con la que se maneja el espacio.

Esto para establecer BioCrea como un espacio que, además de ofrecer un lugar en condiciones adecuadas para el desarrollo de proyectos y actividades que sirviese como escenario para visibilizar el programa y los proyectos que en este se iban desarrollando, tanto en las jornadas de puertas abiertas, como en las visitas de mediación y otros eventos relacionados dentro de la programación de MLP.

Figura 50. Nota. Adaptado de *Imagen corporativa de BioCrea, imagen digital de Daniel Sánchez Martínez*, 2019, tomado del programa BioCrea Medialab Prado.

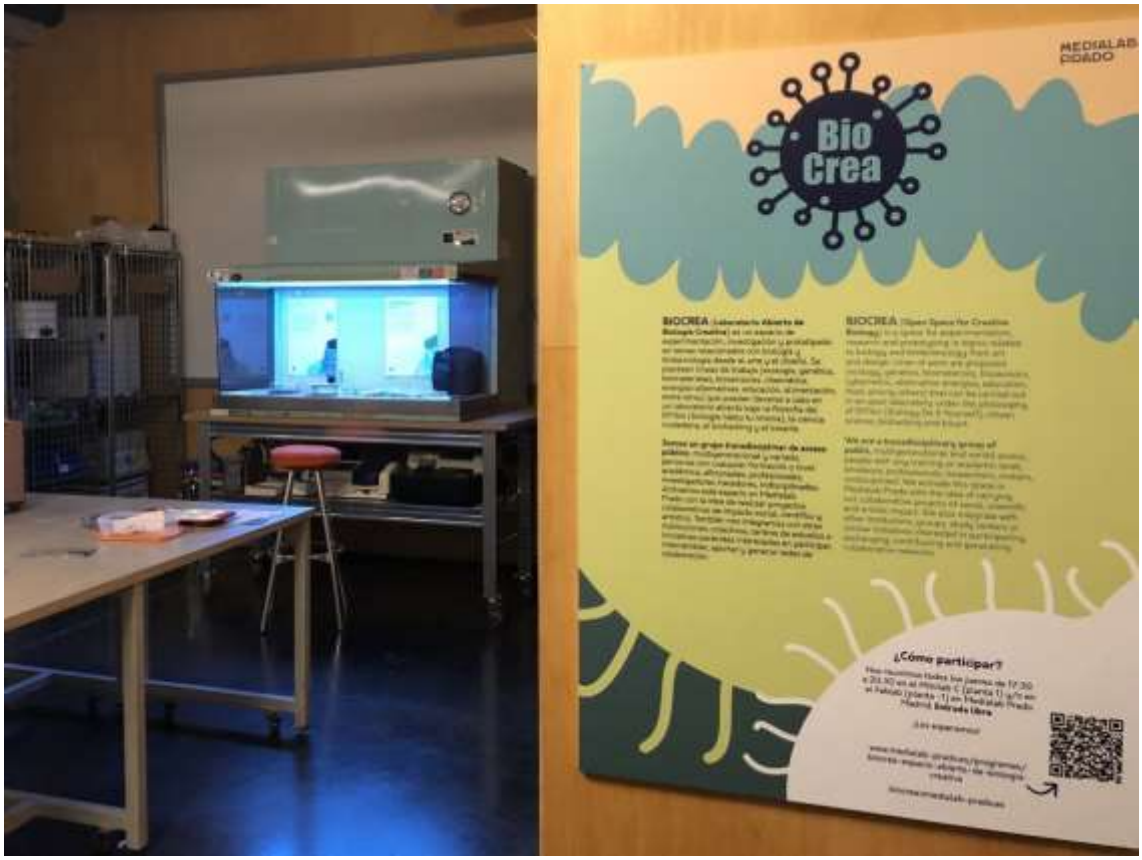

Figura 51. Nota. Adaptado de *Museografía y adaptación de BioCrea en el miniab C, descripción inicial en el laboratorio de BioCrea*, diciembre 2019.

6.4. Encuentros semanales y quincenales con los grupos de trabajo.

Enero a diciembre de 2019. En este periodo el foco del plan de acción de BioCrea se puso en la organización de encuentros semanales con los grupos de investigación constituidos en el espacio, contando para ello con el apoyo técnico y logístico del fablab de Medialab Prado, que proporcionaba materiales y acceso a las herramientas de fabricación y prototipado digital. Aprovechando estas jornadas, también se realizaban reuniones de planeación, talleres y encuentros entre proyectos, compartiendo los avances e inconvenientes de cada propuesta. De forma paralela varios grupos de trabajo se dieron cita para desarrollar autónomamente sus propuestas. De forma conjunta se organizaron actividades complementarias que acompañaron los procesos de investigación que se llevaron a cabo.

Figura 52. Nota. Adaptado de *Taller de ensamble de microscopios DIY, primer encuentro grupo de investigación "OscH para la escolaridad"*, diciembre 2018

6.4.1. Instrumentación científica DIY. Grupo de investigación y creación.

Teniendo como base teórica y conceptual la filosofía del DIYbio y el OScH, en el BioCrea se planteó un grupo de investigación que exploró de forma práctica el desarrollo de instrumentación científica de bajo costo, replicable y de código abierto. Se buscaban herramientas para el estudio de la biología que pudiesen fabricarse fácilmente a través del bricolaje o la fabricación digital usando materiales reciclados y/o de bajo costo y producción. A partir del estudio de casos y de las necesidades propias de los participantes y sus contextos, se experimentó con instrumentos que pudieran ser usados por una población amplia que incluyese a los integrantes de las redes de ciencia ciudadana. Las herramientas halladas podrían emplearse en la investigación científica en el desarrollo de otras prácticas propias del BioCrea o en otros laboratorios barriales y/o de institutos de enseñanza.

El proceso de prototipado se realizó en el fablab del Medialab Prado, implementando el uso de herramientas de prototipado digital como corte láser, impresión 3D, computación y electrónica. Los instrumentos fueron además desarrollados con tecnologías de software y hardware de código abierto, para favorecer su copia y adaptación a distintos contextos según las necesidades de cada laboratorio o actividad. Se buscó ofrecer un diseño de calidad que permitiera su uso confiable pensando en su fácil replicabilidad y potencial en el desarrollo de actividades y prácticas.

El prototipado de instrumentación científica constituyó un eje importante en el desarrollo de actividades de BioCrea, integró el trabajo de los grupos de investigación bajo las temáticas del OScH y el DIYbio. Como parte de las acciones se ensamblaron y repararon instrumentos científicos; se diseñaron herramientas especializadas de laboratorio a través del reciclaje electrónico, reutilización de materiales, electrónica, programación, modelado 3D, corte

láser, impresión 3D y bricolaje. El grupo de investigación que llevó a cabo los prototipos incluyó personas que se sumaban a colaborar en todo o en partes específicas del proceso de creación, según sus intereses y conocimientos, la autoorganización permitió la continuidad del prototipado de las diferentes herramientas por etapas.

6.4.2. Microscopio de cartón

Diciembre de 2018 a marzo 2019. Una de las herramientas de laboratorio desarrollados por BioCrea fue el microscopio de cartón. Este microscopio DIY es una réplica mejorada de un modelo publicado en instructables.com (Yochinok, s. f.) del cual se partió para desarrollar una nueva versión en la que reemplaza la estructura de metacrilato por cartón para bajar costos. Los primeros diseños de este Microscopio de cartón fueron elaborados en Medellín Colombia, por el grupo "biolab: escuelas de creación" del Laboratorio Público de Experimentación Exploratorio (Mestizo, 2017). El modelo de Medellín retomó en el biolab del MLP añadiendo ligeras modificaciones. El objetivo planteado se centraba en el desarrollo de un "microscopio" de bajo costo usando los mínimos materiales posibles. Para ello, se hicieron durante el año varios talleres y laboratorios de creación partiendo del ensamblaje del modelo diseñado. Esta herramienta de cartón se sirve de la lente pantalla y software de cámara de cualquier teléfono móvil smartphone, para la observación del entorno microscópico, usando lentes básicas amplifica varias veces un objetivo cercano (hasta 4x). El prototipo diseñado en BioCrea fue reproducido en corte láser en el fablab del MLP.

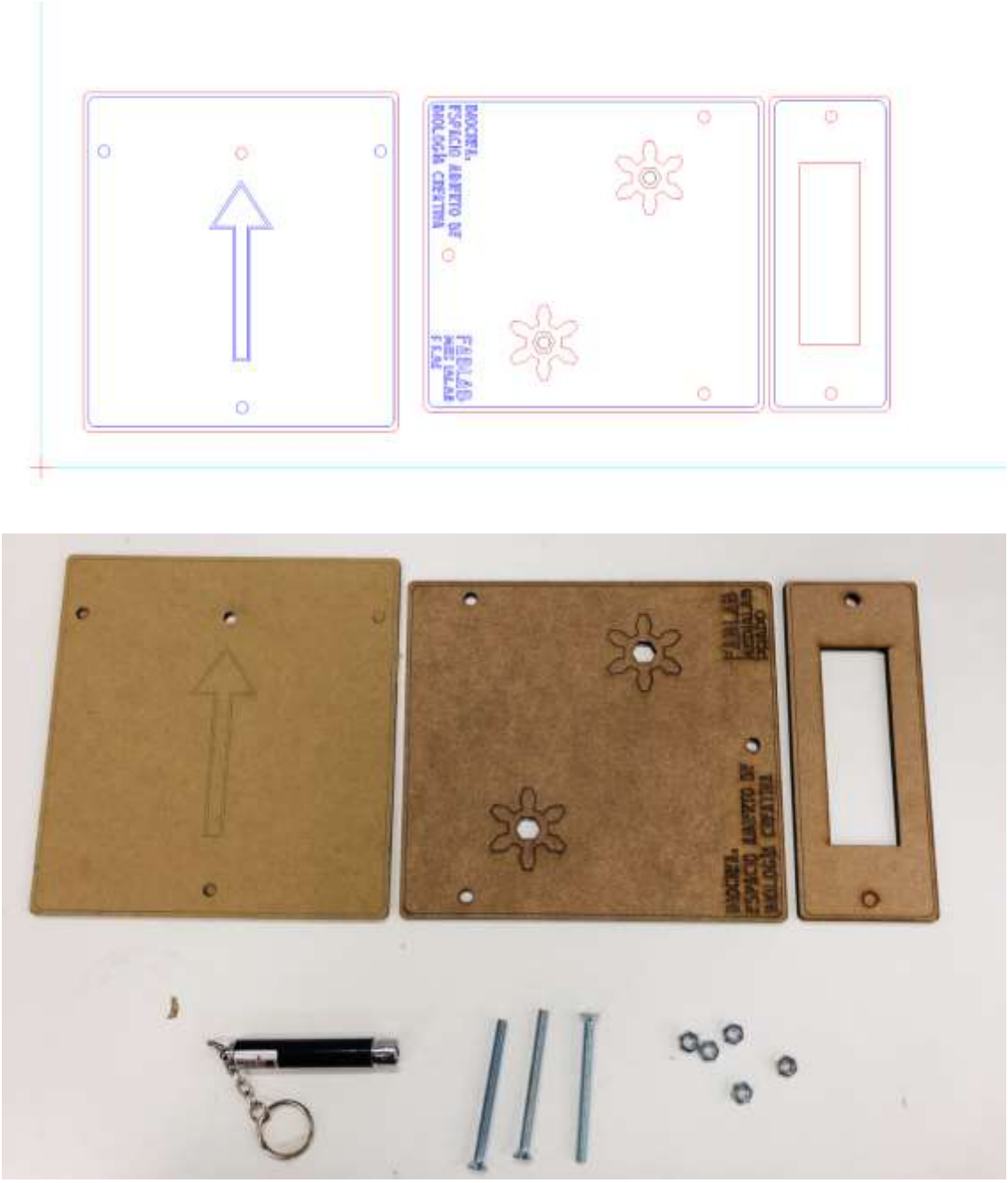

Figura 53 y 54. *Nota. Adaptado de Microscopios de cartón*, diseño en corte láser, 2018.

Posteriormente, una actividad de ensamblado y taller con este modelo se realizó con 30 estudiantes de segundo grado de la ESO (Educación Secundaria Obligatoria) del Instituto Gómez Moreno de Madrid, en diciembre de 2018 gracias a la colaboración establecida con los profesores de tecnología y biología, Luis Felipe Yebes e Isabel Blázquez. Con ellos, tras esta primera actuación, se trazó un itinerario con propuestas de creación y práctica semanal

con los grupos de estudiantes del instituto durante el periodo de ejecución del programa, de diciembre de 2018 a enero de 2020.

En la acción inicial, los estudiantes ensamblaron un microscopio para cada participante, con el propósito de ser usado en las prácticas de laboratorio impartidas en clase. Como parte del taller la profesora Blázquez llevó varias muestras recogidas en el jardín del colegio incluyendo muestras de la tierra, del agua, partes de plantas, flores e insectos. Con ellas los estudiantes pudieron probar sus instrumentos, tomando fotos microscópicas usando sus propios móviles y los microscopios construidos por ellos, comparando muestras y observando la vida microscópica de su alrededor.

Figura 55. Nota. Adaptado del *taller de ensamble de microscopios DIY BioCrea,* diciembre 2018.

6.4.3. Microscopio Wifi

Marzo a julio 2019. El Microscopio Wifi es otro ejemplo de instrumental de laboratorio en el que el grupo de BioCrea trabajó. El modelo se desarrolló con 6 estudiantes del IES Gómez Moreno, quienes se involucraron en el prototipado empleando las herramientas en el fablab. Se basaron en los modelos *DIY microscopy* publicados en la página web de Hackteria (Hackteria, 2018) modificándolos para diseñar una nueva versión, actual y hecha con la tecnología al alcance en BioCrea. Para la fabricación se usan cámaras web de alta resolución (1080p) y conexión inalámbrica por WIFI, a las cuales se intervienen invirtiendo la lente, para alcanzar una amplificación de 20x a 40x aproximadamente. A través de una aplicación en teléfonos móviles y en ordenadores éstos pueden conectarse a la cámara simultáneamente a través de una red WIFI, por lo que la muestra microscópica se logra visualizar directamente en varios equipos. También se diseñó una estructura para ser producida en corte láser, que permite sostener la cámara y realizar un enfoque muy preciso y también sirve para desplazar e iluminar las muestras.

Figura 56 y 57. Nota. Adaptado de *Microscopio de alta definición inalámbrico, diseñado por el grupo de investigación en OCsH para la escolaridad*, fotografía, 2019.

Figura 58 y 59. Nota. Adaptado de *Imágenes (hoja de aguacate y tejido de algodón, captadas con el microscopio de alta definición inalámbrico, diseñado por el grupo de investigación en OCsH para la escolaridad*, fotografía, 2019.

6.4.4. Incubox

Febrero a diciembre 2019. Con otro grupo de 8 estudiantes se dio continuidad a un proyecto iniciado por el grupo de OpenLab Madrid, que trabajó en el desarrollo de un modelo de incubadora de bajo costo durante 2017, basándose, a su vez, en el tutorial "Incubator DIY" (Hackteria, 2020). El objetivo es, básicamente, mantener las condiciones de un entorno controlado, usado para el crecimiento de microorganismos los cuales necesitan condiciones constantes para crecer, como la temperatura y la humedad, el pH o CO2, etc. El prototipo de OpenLab, usó una nevera de poliestireno expandido para mantener el calor con un circuito básico de control que encendía una bombilla. Este primer diseño resultó fallido porque, durante una noche de prueba en el fablab, el calor de la bombilla derritió el plástico de la nevera. BioCrea retomó el experimento con la intención de mejorarlo y adaptarlo a las necesidades específicas del instituto, que no contaba con incubadora en su laboratorio. El grupo de investigación desarrolló con estas premisas Incubox, que se resolvió mediante prototipado digital usando hardware abierto y las herramientas del fablab del MLP, como la impresión 3d, corte láser, electrónica y computación.

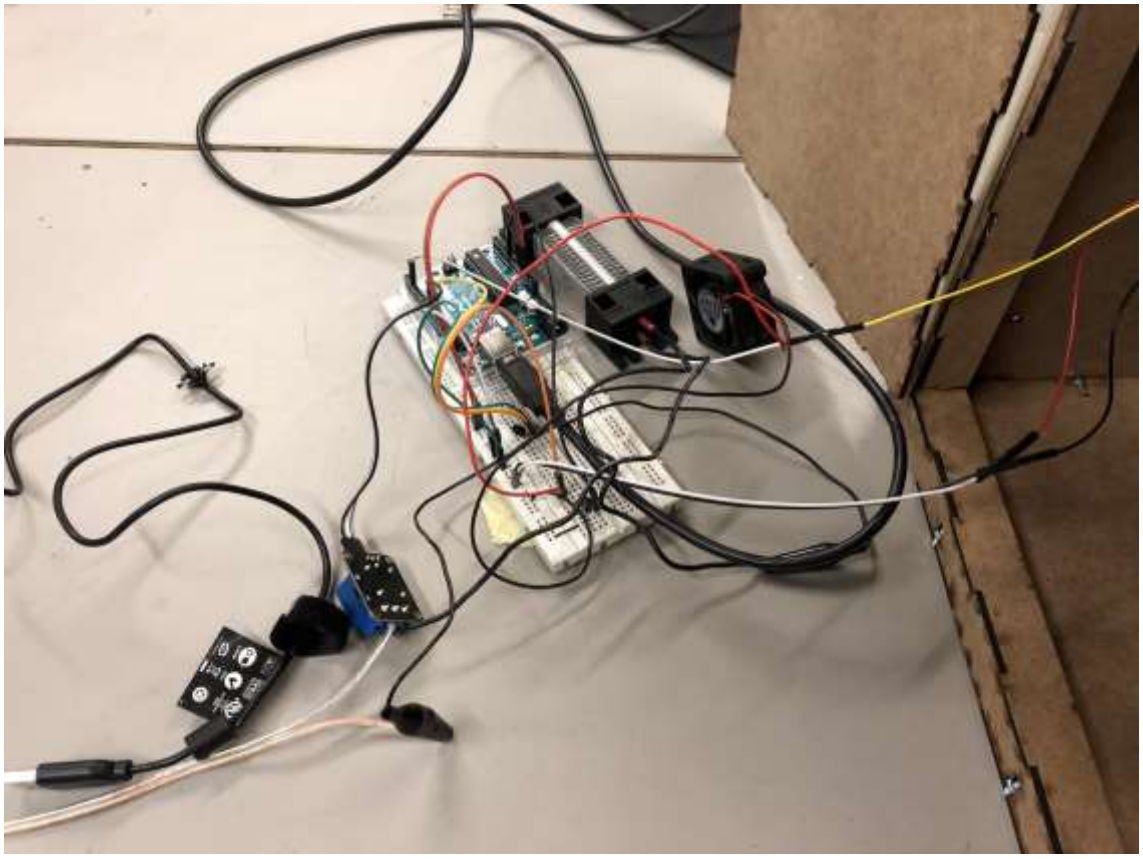

Figura 60. Nota. Apropiado *de Prototipo electrónico incubadora DIY, diseñado por el grupo de investigación en OCsH para la escolaridad*, 2019.

En las reuniones semanales del grupo de investigación se avanzó en paralelo en el prototipo, con dos grupos diferentes de estudiantes que asistían alternados cada quince días retomando el trabajo del grupo anterior. El diseño se inició y apoyo en los contenidos de las clases de tecnología del profesor Yebes en el instituto. Se prototipó un modelo electrónico de control basado en programación en Arduino, un sensor de temperatura y humedad, un ventilador de ordenador y un calefactor. Un circuito electrónico de control que facilita mantener el aire caliente en un rango de temperatura y humedad dentro de una caja (concepto similar al modelo inicial del Openlab). En Incubox el diseño se resuelve con un solo modelo electrónico que puede ser usado en varias escalas reemplazando el tamaño y capacidad de los materiales, lo cual, disminuye o aumenta su volumen de interacción. Para el modelo desarrollado, se decidió trabajar con materiales pequeños y de poco consumo, desarrollando una incubadora de pequeñas dimensiones con una capacidad de 30 cm3, lo suficiente para calentar el aire de una bolsa térmica y mantener un calor

constante, que se puede programar a temperaturas de entre 20º y 50º centígrados, un rango amplio en el que crecen la mayoría de los microorganismos.

Figura 61. Nota. Adaptado de *Incubox prototipo final, diseñado por el grupo de investigación en OCsH para la escolaridad*, 2020.

6.4.5. Flebocollect

Junio a noviembre 2019. El Laboratorio creativo Flebocollect está enmarcado en el Proyecto de Investigación Bringing Research Into The Classroom (BRITEC) [llevar la investigación al aula]financiado por la Unión Europea en el Programa Erasmus+ KA2 (2018-2021). Dicho proyecto está fundamentado en la participación de estudiantes en actividades de investigación para incrementar el conocimiento de la comunidad científica a

través de la ciencia ciudadana. Esta actividad científica, que se implementó en varios centros educativos de la Comunidad de Madrid, consistía en el estudio de las poblaciones de insectos flebótomos transmisores de leishmaniasis usando un método tradicionalmente empleado para su captura, las trampas de luz. El alto costo de las trampas (unos 150 euros) llevaron a La doctora Rosa Gálvez de la Facultad de veterinaria de la Universidad Complutense de Madrid a plantear el proyecto este proyecto como parte del programa a través de los grupos de investigación de BioCrea.

Figura 62 y 63. Nota. Adaptado de *Grupo de investigación Flebocollect: reunidos y produciendo el prototipo de trampas para mosquitos DIY en el fablab*, 2019.

Reuniéndose periódicamente cada dos semanas, la doctora Galvis y un grupo de colaboradores convocados por las redes de MLP, empezaron a desarrollar un prototipo de trampa para mosquitos de bajo costo, usando materiales reciclados y un circuito básico de electrónica. Se construyeron y probaron varios tipos de trampas, mejorando su eficacia comprobada en campo a través de varios experimentos.

El hecho de reducir los costes en la construcción de trampas facilita tanto su uso como su réplica. El proyecto propone formar y equipar a la ciudadanía que se transforma en agente investigador del estudio de la leishmaniosis humana y su propagación a través del flebótomo, puesto que contar con una masa de personas implicadas puede solucionar y prever el problema de Salud Pública que supone la enfermedad a través de una red de ciencia ciudadana que reporte la presencia de flebótomos en la ciudad y mapee sus apariciones y desplazamientos.

Figura 64. Nota. Adaptado de *Prototipo final Flebocollect*, 2019.

6.5. Residencia de la artista Rae Yuping

Julio 2019. En cooperación con el programa de residencias artísticas del Museo Nacional de Bellas Artes de Taiwan y el programa de residencias de Medialab Prado se invitó a la artista taiwanesa Rae Yunping a desarrollar una investigación temporal en BioCrea durante el verano del año 2019. Yuping fue seleccionada tras un trabajo de comisariado realizado por parte de Medialab Prado y BioCrea en el que se escogió el proyecto *The longing grew as this body waxed, the longing grows as this body wanes* [El anhelo creció a medida que este cuerpo crecía, el anhelo crece a medida que este cuerpo se desvanece].

Para este proyecto creativo la artista propuso una creación colaborativa de varias piezas artísticas fabricadas a partir de Scoby de Kombucha pensadas para interactuar con los cinco sentidos: tocar, ver, escuchar, oler o saborear. El proyecto estuvo abierto a la colaboración de personas interesadas en participar mediante convocatoria pública, constituyéndose un grupo de trabajo de 15 personas aproximadamente entre artistas, diseñadores, biólogos y *makers*. En el tiempo de la residencia, la artista y este equipo experimentaron con el cultivo de los microorganismos que generan la kombucha, su posterior tratamiento y las posibilidades que ofrece este biomaterial usando las herramientas del fablab.

Figura 65. Nota. Adaptado *la artista en residencia Rae Yuping cultivando SCOBY kombucha en BioCrea,* julio 2019.

Según explica la artista:

> Este proyecto surge del deseo de sentir y comprender las pequeñas criaturas invisibles que viven en nosotros, dentro y a nuestro alrededor. Somos holobiontes: no podemos ser humanos sin nuestras comunidades microbianas. Nos moldean de muchas maneras, incluyendo nuestra salud, apariencia, emociones e incluso deseos. Son parte integral de nuestro ser y, sin embargo, ¿cuánto sabemos realmente de ellos? Los conocemos mejor como recursos que explotar, como elementos necesarios para la investigación científica, dado que de ellos extraemos continuamente datos y productos para el beneficio humano. Con el rápido crecimiento de la biotecnología, es fácil olvidar que hemos tenido una relación de beneficio mutuo con ellos durante

> miles de años a través de la producción de alimentos. Nuestros antepasados fermentaron alcohol, hicieron pan, yogur, verduras en escabeche, etc., creando una relación profunda y fructífera con las levaduras y las bacterias que se ha transmitido a lo largo de generaciones, Rae Yuping. (Medialab, 2019)

El proyecto se inició con la construcción de una incubadora, de plástico y madera de mediana escala para cultivar SCOBY, *Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast (SCOBY)* [cultivo simbiótico de bacterias y levaduras], la simbiosis de microorganismos que se usa para producir kombucha fermentando té. Durante este proceso, en la superficie del medio líquido se va solidificando una celulosa que va alcanzando grosor y resistencia durante un periodo de semanas. En la residencia el SCOBY estuvo creciendo en 20 bandejas de 40x60 centímetros en el interior de la incubadora que se mantuvo siempre una temperatura de 35ˆ centígrados constantes.

Mientras el material crecía se realizaron encuentros y talleres de creación con el grupo de colaboradores pensando en las posibilidades de elaboración de prototipos que ofrecía el biomaterial que se estaba cultivando. El grupo decidió trabajar con inflables e incorporar al diseño piezas de robótica capaces de interactuar con el público. Los integrantes del grupo hicieron parte del proceso creativo de la artista, colaborando en todas etapas desde la fase inicial de ideación hasta la exhibición de las piezas finalizadas.

Figura 66 y 67. Nota. Adaptado de *La artista en residencia Rae Yunping con el grupo de colaboradores en el fablab*, julio 2019

Finalizada la fermentación de la kombucha se procedió al secado del residuo celulósico, que una vez solidificado tiene características similares al cuero; y se experimentó con distintos grosores, algunos más parecidos al papel y otros muy sólidos y resistentes. Finalmente, con este material se construyeron varios objetos inflables automatizados con bombas de aire; para la realización de estas piezas híbridas la celulosa de SCOBY se cortó con láser incorporándose después las partes electrónicas y robóticas a la obra. Los resultados del proyecto se exhibieron en el área de exposición de MLP.

6.6. MICROmacro

Noviembre de 2019. MICROmacro es otro de los laboratorios de creación realizados en BioCrea, en este caso en coordinación con la artista colombiana Feli Cabrera López, creadora transmedial con una investigación enfocada en la exploración de las relaciones entre arte, corporalidad, género, biología, tecnología y música. Cabrera desarrolló varias de actividades durante dos semanas centradas en el trabajo con la microscopía y los medios digitales y con la preparación de medios de cultivo y colección de microorganismos.

De nuevo se llevó a cabo una convocatoria abierta invitando a participar en el grupo de investigación, mediante la que se reunió a un equipo heterogéneo de perfiles y edades. Los colaboradores y la artista, durante los primeros días, realizaron una serie de procedimientos de microbiología como la preparación de medios de cultivo en cajas de Petri, la colección de microorganismos del aire de varios lugares y ambientes en el edificio de MLP y su posterior cultivo en la incubadora del BioCrea. Todo esto para la observación de los microorganismos cultivados empleando para ello diferentes microscopios con el objetivo de captar material visual para la mezcla de imágenes en un

programa de *vídeojockey* usando microscopios digitales y los realizados con cámaras web intervenidas.

Las observaciones fueron interpretadas como un recurso plástico y científico que llevó a generar visiones sobre el entorno inmediato a través de una experiencia estética transdisciplinar, explorando formas expresivas/sensoriales de visualización desde los nuevos medios y la microbiología. También propuso la observación lúdica del universo microscópico, sirviéndose de herramientas DIY y procedimientos de laboratorio que fácilmente se pueden replicar con en la cocina de una casa o en un centro de enseñanza secundaria.

Figura 68 Nota. Adaptado de *laboratorio MICROmacro*, 2019.

Figura 69. Nota. Adaptado de *laboratorio MICROmacro*, 2019.

6.7. Convocatoria pública a proyectos en el fablab.

Junio 2019 a febrero 2020. En el segundo semestre del 2019 MLP planteó un programa de laboratorio extensivo desde el fablab bajo el nombre de Fabricación Digital y Formas de Vida, seleccionándose 5 proyectos, por previa convocatoria pública abierta.

El Medialab Prado realizó un llamado a personas y colectivos a presentar proyectos que planteasen líneas de trabajo en temas temáticas relacionadas con biología y biotecnología abordadas desde el arte, la ciencia ciudadana, la educación y la mediación comunitaria y sus conexiones con la ecología, la genética, los biomateriales, los biosensores, la cibernética, las energías alternativas, la educación, la alimentación y la biodiversidad, entre otros. Una

vez decididos y publicados los proyectos seleccionados, se abrió una nueva convocatoria pública, esta vez en búsqueda de colaboradores de otras comunidades, colectivos y otras personas interesadas en participar en el proceso creativo.

Fabricación Digital y Formas de Vida se planteó como un espacio de creación donde la ciencia, la ingeniería y el arte pudieran incorporarse de manera conjunta a la investigación transdisciplinar. Se buscaba además que los proyectos desarrollados incluyeran un componente de campo en contextos reales y/o sirvieran como referente al entrar en resonancia con otros espacios creativos y comunidades a nivel nacional e internacional.

Los proyectos seleccionados dieron uso a las instalaciones del MLP principalmente al biolab de BioCrea y fablab. De forma periódica el equipo base de BioCrea acompañó de forma técnica y conceptual a los proyectos, también el MLP apoyó estos aspectos y otros como las comunicaciones y divulgación.

El desarrollo del laboratorio se dividió en tres fases sucesivas. En la primera fase se presentó la convocatoria, se recibieron los proyectos y se escogieron los más adecuados mediante un jurado. En la segunda fase los grupos seleccionados desarrollaron sus proyectos. Por último, en la tercera fase, se realizó una exposición donde se mostraron las características más relevantes de cada proyecto realizado y el estado de sus avances.

Figura 70. Nota. Adaptado de *Presentación de proyectos de biomateriales desarrollados en el fablab*, 2020.

6.8. Encuentro final y muestra de proyectos

Diciembre de 2019. En la fase final del programa BioCrea, se organizó la documentación realizada durante el desarrollo de las actividades llevadas a cabo. Toda la información documentada se puso a disposición pública tanto en la página web de Medialab Prado como en el espacio físico de centro cultural. Exhibiéndose los resultados del programa mediante los distintos objetos realizados y una breve descripción de los mismos. Además, se realizaron encuentros de cierre con los participantes y colaboradores, poniendo en común los aprendizajes, logros y recorridos de los proyectos en su conjunto.

BioCrea participó en el evento "un año en un día", la jornada de cierra de la programación anual que celebró el MLP, en diciembre de 2019. Durante esta actividad, tanto los participantes como el público tuvieron la oportunidad de reunirse y socializar los distintos procesos creativos del año. Ese mismo día se inauguró una exhibición de los resultados de BioCrea abierta al público durante unos meses.

Figura 71. Nota. Adaptado de *Presentación de proyectos desarrollados en BioCrea durante el año 2019 en el evento "un año en un día" MLP,* 2019.

Figuras 72 y 73. Nota. Adaptado de *Presentación de proyectos desarrollados en BioCrea durante el año 2019 en el evento "un año en un día" MLP,* 2019.

6.9. Conclusiones parte III

Los movimientos ciudadanos impulsados desde el DIYbio, el OScH y la ciencia abierta, han tenido acogida y se han alimentado de forma teórico-práctica en los programas impulsados por el Medialab Prado y se han integrado a lo largo de su historia, abriendo el campo de investigación a temáticas alusivas en varios de sus programas y actividades.

Desde el primer programa "Interactivos?" celebrado en 2006, el MLP ha puesto sobre la mesa metodologías de trabajo basadas en las filosofías del software y hardware libre y el hacktivismo, dándolas a conocer al público en general. Además, con este programa pionero, el centro cultural logró subvertir la concepción del espacio de exhibición tradicional y transformarlo en un lugar de producción y creación transdisciplinar, enfocado en la investigación y apropiación social de la tecnología con fines recreativos y educativos. Durante los sucesivos programas Interactivos? celebrados anualmente, el centro cultural, por unas semanas ha podido volcarse en generar un espacio de experimentación y prototipado, en el que los participantes e invitados internacionales se ponen en contacto con las comunidades de la ciudad, en un ambiente de producción colaborativa.

En Interactivos?'09, particularmente se trabajó el tema de la "ciencia de garaje" y del laboratorio científico bajo esquemas abiertos, explorando los diversos intereses que confluyen en estos desde la óptica social, cultural, económica, o política. El OscH es un aliado en este presupuesto, es muy útil contar con herramientas científicas de código abierto, hechas a la medida de los proyectos y prototipos, que sean fácilmente replicables con herramientas de fabricación digital y/o por medio del hackeo de hardware. Por ello, uno de los resultados con mayor repercusión del programa Interactivos?´09 fue la Reprap, primera impresora 3D de hardware abierto, que se replicó rápidamente en los "labs" de todo el mundo y cambió el rumbo de una

tecnología cerrada, al facilitar una herramienta clave en el prototipado digital accesible para una gran variedad de comunidades. El modelo de creación colectiva y abierta del Interactivos? desarrollado por el Medialab Prado impulsa la innovación y el avance tecnológico desde una base social. Por su parte, el proyecto Hackteria, desde sus inicios en interactivos?, se ha establecido como una plataforma de gran importancia para compartir prácticas de bioarte. El repositorio de proyectos y desarrollos tecnológicos de Hackteria han contribuido a la extensión y entendimiento de estas prácticas a variadas comunidades de *biohackers*, bioartistas y practicantes de la biología de garaje, quienes encuentran en estos desarrollos de código abierto y hackeos referencias prácticas y conceptuales para llevar a cabo proyectos desde la filosofia del DIYbio y OscH.

Figura 74. *Nota.* Adaptado de *Open Source Hardware for Generic Laboratory Infraestructure [Infraestructura Genérica de Laboratorio de Código Abierto]*, fotografía de Gaudilabs, 2015, tomado de hackteria (https://hackteria.org/wiki/Generic_Lab_Equipment), todos los derechos reservados.

El laboratorio abierto y la ciencia de garaje permite imaginar otras maneras de interactuar con el conocimiento científico, propiciando la creación de redes que pueden expandirse al vecindario, atisbando el impacto de los biolabs comunitarios. Interactivos?‘10 planteó el barrio como el escenario de exploración de la ciencia de garaje, siendo que las comunidades vecinales pueden organizarse para reconocer sus territorios y problemáticas ambientales, reconocer el estado de los ecosistemas en las ciudades y plantear soluciones o visibilizar situaciones que ameritan una llamada de atención pública, por ejemplo. Claramente, los proyectos *Lilipods* y Algas Verdes, desarrollados durante Interactivos?´10, plantean el desarrollo de OscH para llevar a cabo investigaciones ambientales en comunidad, colectar datos, recorrer ciudades con una mirada ecológica, reflexionando en aspectos ambientales mediante instrumentos para la práctica de la ciencia ciudadana por parte de los propios habitantes del territorio.

Seis años después, en interactivos?’16, el MLP recupera estas temáticas y continua con la exploración teórico-práctica de estos movimientos. El proyecto Biofilia Urbana, retoma la impresora 3D Reprap, recalcando su esencia “de código abierto” y “alterable”, para ser adaptada su uso con microorganismos, abriendo un campo de posibilidades en el campo del DIYbio y OscH. El proyecto *Open Source Estrogen*, desarrollando procedimientos “químicos” de código abierto para el monitoreo de estrógenos, abre un campo de estudio apenas explorado a la ciudadanía otorgando el poder analizar por sí misma las fuentes hídricas y la calidad de agua de sus entornos, y desde su propio laboratorio de garaje, comunitario o cocina. El proyecto pretende expandir las posibilidades de investigación en este campo, y hacer visible una problemática de forma local y por los directamente afectados, por medio del análisis de muestras del ambiente, usando la ciencia ciudadana y el *biohacking* como herramientas de investigación.

Interactivos?’16 fue un punto encuentro de comunidades locales interesadas en el DIYbio y OscH, como el colectivo OpenLab, quien propuso e inició el

proyecto del "biolab" como parte estructural de MLP y propició un espacio de encuentro y creación bajo estas temáticas dentro su programación. También por medio de la investigación del CiCiLab, se generó distintas actividades alrededor de la ciencia ciudadana, congregando distintas comunidades en la práctica de la ciencia abierta. Bajo esta atmósfera propicia tuvo lugar el proyecto BioCrea: Espacio Abierto de Biología Creativa, el cual retomó experiencias, metodologías y conocimientos para plantear un laboratorio abierto en concordancia con el contexto del MLP.

BioCrea en 2019 se constituyó como un espacio de encuentro, que logró condensar varias iniciativas ciudadanas interesadas en el trabajo con las ciencias de la vida desde el DIYbio, el bioarte, el *biohacking*, el OscH y la ciencia ciudadana. Estos temas y su conexión con los movimientos culturales actuaron como ejes conceptuales del programa, guiando el diseño de sus actividades a la labor social y científica del MLP centrado en la participación ciudadana. Por ende, el plan de actividades planteando por el equipo base buscó motivar a personas y comunidades de distinta índole a ser parte del programa, logrando reunir una comunidad heterogénea de participantes: artistas, científicos, ingenieros, diseñadores, estudiantes de todos los niveles, aficionados y ciudadanos en general. Los participantes fueron sumándose al programa a partir de sus propias propuestas, inquietudes, conocimientos y experiencias, vinculándose activamente a los talleres, charlas, laboratorios de creación, encuentros de producción colectiva, entre otros. La participación del público en el programa BioCrea estuvo mediada por el equipo del MLP desde la logística, divulgación, llamadas públicas, convocatorias, asesorías, programación de actividades y gestión del espacio con los participantes.

Para la implantación de un biolab permanente en el MLP, se partió de los avances de OpenLab Madrid, lo que facilitó su inserción en la infraestructura del centro cultural. Se selecciono para ello un espacio, que fue transformado por la comunidad de BioCrea en un laboratorio de prácticas científicas de garaje, colaborativas y ciudadanas. La portabilidad del mobiliario permitió

configurar el espacio según la actividad que tuviese lugar o el medio, material o procedimiento que estuvieran explorando los grupos de investigación. Además, con los usuarios más implicados, se pusieron en funcionamiento equipos de laboratorios recolectados por OpenLab Madrid, por ejemplo, la cabina de flujo laminar, después de su reparación en el fablab, pudo usarse en los procedimientos de cultivo de microorganismos como también una incubadora que facilitó la producción de medios de cultivo.

El plan de actividades de BioCrea fue guía para la apropiación de contenidos por medio de actividades diversas como encuentros, talleres, reuniones, sesiones de trabajo colaborativo, laboratorios creativos, residencias, etc., para estimular la investigación y la creación de comunidades alrededor del programa. El acompañamiento y asesoría por parte del equipo base de BioCrea alimentó los contenidos del programa reforzando las estrategias de participación basadas en las propias del centro cultura, por lo que da por supuesto que los proyectos fácilmente se desarrollaron en dinámicas de participación transdisciplinares, abiertas y horizontales. La habilitación del biolab físico, sirvió como pretexto para investigar en el diseño y prototipado de equipos de laboratorios replicables realizados a través del fabricado digital, la computación, el *hacking* y la electrónica. Por ejemplo, el grupo de trabajo "OscH para la escolaridad", decidió fabricar instrumentos científicos que pudiesen apoyar sus propias prácticas de laboratorio en sus institutos; a la vez que construían prototipos abiertos y replicables para la comunidad, aprendían a usar las herramientas de fabricación digital y aplicaban en casos prácticos los conocimientos adquiridos en las clases de tecnología de sus centros. Otro caso reseñable, es el del grupo de investigación Flebocollect, cuyos miembros diseñaron un instrumento usado para la colección de mosquitos con materiales reciclados que está siendo replicado en comunidades estudiantiles como herramienta de ciencia ciudadana. Se subrayan, por último, las sinergias entre los distintos grupos de trabajo de BioCrea como sucedió con los dos descritos, cuando en Flebocollect con el fin de identificar flebótomos por su fisonomía se usaron los microscopios DIY diseñados en el fablab por OscH para la escolaridad, analizándose la fisionomía de los insectos con estas herramientas

para hacer seguimientos de poblaciones, retroalimentádose mutuamente. De esta forma BioCrea se convirtió en el lugar estable de acogida de prácticas artístico-científicas en el MLP (y por extensión en la ciudad de Madrid) brindando apoyo a los creadores a través de la gestión de proyectos desde prácticas del DIYbio. Por ejemplo, el proceso creativo llevado a cabo por la artista Yuping activó una línea de trabajo con biomateriales en el biolab durante el tiempo de duración de su residencia, acogiendo a un grupo de colaboradores interesados en la biofabricación a partir de SCOBY. Finalizada la residencia, la investigación siguió activa y operando; activado a través de las convocatorias de producción del fablab uniendo la producción digital con la biotecnología. También, en el caso de la artista Cabrera, se desarrolló un laboratorio de creación pública en el biolab, haciendo patente la capacidad del biolab para fomentar el acceso al arte, el diseño, la ciencia, la biotecnología y la ingeniería desde prácticas de cultura libre aplicadas a contextos y problemáticas específicas.

La exhibición final de los proyectos activados en BioCrea puso en contacto al público general del MLP con las actividades e iniciativas realizados durante el tiempo de ejecución del programa. Las guías de presentación de cada proyecto, y la exhibición de prototipos contextualizando su proceso creativo, sirvió como medio de divulgación y documentación del proceso llevado a cabo. La documentación fue compartida desde distintas plataformas, incluyendo revistas de divulgación científica, libros, blogs, así como en la página de proyectos en la plataforma web del MLP (Biocrea, 2019).

7. Proyectos artísticos derivados

Todas las acciones llevadas a cabo durante el proceso investigativo y descritas en los capítulos precedentes, desde la revisión de referentes al trabajo de campo con comunidades, las actividades implementadas en el biolab o el establecimiento de vínculos con instituciones; han servido como insumos para el desarrollo de mi propio trabajo artístico, plasmándose en los tres proyectos creativos que he desarrollado durante el tiempo de investigación desde el año 2019 al 2022: MICROmacro, En un Futuro No Muy Lejano y MICROuniversos.

Los tres proyectos personales son el resultado de la investigación doctoral y aplican de forma práctica conceptos, metodologías, herramientas, tecnologías y procedimientos que surgen en el DIYbio, el OscH y el bioarte, y plantean el uso de medios biológicos en la producción artística. El marco de investigación de esta tesis me ha permitido ensayar vías que faciliten el traslado de un laboratorio a otros escenarios, y a la inversa, que conviertan el laboratorio en un espacio de creación.

A partir de 2020, la situación de pandemia me obligó a explorar otras formas de creación que dieran continuidad a la investigación desde las condiciones especiales de confinamiento y distanciamiento social. El programa BioCrea cerró durante la pandemia por lo que tuve que replantear la investigación práctica, aplicando nuevas estrategias y soluciones bajo otros formatos, pero dando seguimiento a los contenidos estudiados con anterioridad.

Estos escenarios de investigación para el desarrollo de mi obra artística fueron posibles con la colaboración de instituciones culturales, artísticas y científicas como el Real Jardín Botánico de Madrid, el Instituto Nacional de Tecnologías

Educativas de Formación al Profesorado (Intef), La Universidad de Murcia, el MIT Media Lab, Plataforma Bogotá, la red de creación arte y ciencia Suratómica, la Cinemateca de Bogotá y el Planetario de Bogotá. Estas instituciones me proporcionaron recursos e infraestructura fundamentales para desarrollar y mostrar estos tres proyectos, que, además, se agregaron como contenidos dentro de su programación, como laboratorios de creación, talleres, exhibiciones, proyecciones, presentaciones, experimentación con medios biológicos y tecnológicos, entre otros.

7.1. MICROmacro

El Proyecto MICROmacro es un modelo de taller-laboratorio de creación cuyo objetivo es generar una experiencia estética colectiva desde la microscopía DIY y la fotografía digital. La localización y los participantes son elementos fundamentales de la obra, pues son los elementos fundamentales con los que esta se construye. He mediado varios talleres MICROmacro, cada una de las cuales puede entenderse como una versión de esta pieza creativa multimedia y participativa.

Cada una de las versiones de MICROmacro se inicia invitando a los participantes a ensamblar su propio microscopio DIY acoplable al teléfono móvil. Con cada grupo de trabajo se emplea esta herramienta por ellos fabricada para explorar el entorno alrededor, a través de la colección, observación y análisis de muestras de diferentes materiales, tejidos orgánicos, inorgánicos, seres vivos, minerales, etc., se reflexiona sobre la importancia de lo microscópico y sus posibilidades creativas.

En los modelos de microscopios ensamblados en cada una de las versiones se han usado distintos tipos de lentes de tipo planoconvexo, reciclados de cámaras antiguas, lentes de unidades láser u ópticas de iluminación puntual led. Este tipo de lentes al entrar en contacto directo con la lente de la cámara de un teléfono móvil genera un efecto óptico de amplificación similar al del microscopio, que, según la lente usada, alcanza un rango de 1x a 10x. Los prototipos ensamblados en MICROmacro parten del modelo de cartón de BioCrea y con algunas modificaciones para hacer aún más accesible y replicable el instrumento reduciendo materiales.

Cada versión del taller-laboratorio se acompaña de otras actividades como excursiones, programación de software para la visualización de las imágenes, adecuación temporal de biolabs y proyecciones en gran formato. Procedimentalmente, cada una se desarrolla según las condiciones del contexto adaptándose a las distintas temáticas, medios y recursos.

Hasta la fecha he desarrollado MICROmacro en tres ocasiones: Real Jardín Botánico, Reset Mar Menor: un paisaje en crisis y Cinemateca de Bogotá.

7.1.1. MICROmacro - Real Jardín Botánico

En 2019 con la Unidad de Programas Educativos del Real Jardín Botánico de Madrid, dirigida por la bióloga Clara Vignolo, planifiqué dos talleres-laboratorio MICROmacro en sus instalaciones, uno en conmemoración del Día Internacional de la Fascinación por las Plantas y otro en el Día de los Museos, siendo ambas actividades de acceso público y dirigidas a familias, contando con la participación de niños acompañados de familiares adultos. Las temáticas de trabajo fueron “las flores y los insectos polinizadores” en primavera, y en otoño “los árboles y las hojas”. La exploración con microscopios realizada contó con la asesoría científica de Clara Vignolo usando material didáctico del Real Jardín Botánico, como muestras de insectos, mariposas, guías, y colectando

flores y hojas caídas de algunos árboles del jardín para ser exploradas y analizadas observándose las relaciones de colores, de morfologías, estructuras celulares y coloniales, entre otros.

Figura 75. Nota. Adaptado de *Día de la fascinación por las plantas taller de microscopio DIY en familia*, fotografía, 2019.

Figura 76. Nota. Adaptado de *Día de la fascinación por las plantas taller de microscopio DIY en familia*, fotografía, 2019.

7.1.2. MICROmacro - Reset Mar Menor: un paisaje en crisis

El Mar Menor es una laguna litoral en el Mediterráneo, al sur de la península Ibérica con un ecosistema endémico de gran riqueza con 135 km2 de superficie. Durante las últimas décadas este ecosistema ha sufrido un deterioro significativo, reflejado en fenómenos, como la aparición elevada de medusas de grandes dimensiones durante la época estival o la expansión de comunidades de macrófitos que ha dado lugar a la proliferación de microorganismos descomponedores, y como consecuencia al agotamiento del oxígeno en el agua se dió el exterminio de especies faunísticas. Este desastre ambiental se debe a la actividad humana; especialmente al vertido de estériles mineros procedentes de la sierra Minera de Cartagena que contamina el mar

con metales pesados, también a la evacuación de aguas residuales insuficientemente depuradas debido al turismo masivo y principalmente al desarrollo de agricultura de regadío, que vierte fertilizantes y nutrientes a la laguna (Martínez Fernández et al., 2018).

El Mar Menor es una víctima del Antropoceno, siendo un ejemplo puntual de las consecuencias de la polución y la sobreexplotación derivando en un desastre natural. En 2016 el ecosistema colapsó. Su agonía se hizo visible con un fenómeno en sus aguas que los locales llamaron "la sopa verde", causado por "la alta concentración celular que impedía el paso de luz a las zonas con profundidades de más de tres metros, lo que provocó la muerte de la vegetación a partir de este límite. Los trabajos realizados por el Instituto Español de Oceanografía presentados en otoño de 2016 mostraban una pérdida del 85 % de la extensión inicial de praderas marinas del Mar Menor" (Martínez Fernández y Casualdero, 2020).

En este contexto, la Universidad de Murcia puso en marcha el curso de verano de 2019 "Mar Menor Lab: Arte y ciencia para un paisaje en crisis", coordinado por Clara Boj y Diego Diaz. El curso contó, como docentes invitados, con la participación de Gelen Jeletón, artista que desarrolla su práctica en torno al archivo, la autogestión y la autoedición desde un punto de vista feminista y *queer*; Ángel Perez, catedrático de Ecología de la Universidad de Murcia experto en ecosistemas marinos y lagunas costeras, miembro del comité científico del Mar Menor; y el autor de esta tesis. Bajo el formato de una serie de talleres, conferencias y encuentros con la participación directa de artistas y científicos, se plantearon intervenciones de arte y ciencia para visibilizar la problemática del Mar Menor.

Por la afinidad temática, planteé el desarrollo de una nueva versión del proyecto MICROmacro durante el curso. En esta ocasión, el taller-laboratorio de creación se realizó en varias etapas. Primero se trabajó en el ensamblaje

de microscopios de cartón con lentes de punteros láser (4x). Posteriormente se estudió con este instrumento la diversidad microscópica del Mar Menor, explorando formas de vida, aprendiendo sobre relaciones biológicas, materiales, minerales, suelos y obteniendo una colección de imágenes del microscópicas a partir de muestras colectadas en varias zonas alrededor del ecosistema, del agua, el suelo, de algunos animales, rocas, vegetación. En esta etapa, se contó con la orientación científica de Ángel Pérez quien iba narrando especificidades de la problemática del ecosistema. Por último, las imágenes obtenidas fueron recopiladas y seleccionadas por cada uno de los participantes produciendo un archivo colectivo. El conjunto de imágenes del archivo se mostró de manera conjunta generándose un relato del Mar Menor, la visualización de los datos se realizó empleando un programa desarrollado en software de código abierto, encargado de remezclar las imágenes de todos los participantes en una proyección de vídeo.

Figura 77 y 78. *Nota.* Adaptado de *Muestras tomadas alrededor del Mar Menor*, fotografía, 2019.

7.1.2.1. MICROmacro - Biosummit 3

Los resultados de MICROmacro Mar Menor, se expusieron en Media Lab MIT en como parte de la exhibición del biosummit 3, visualizándose en una instalación que incluyó dos pantallas en las que se muestran dos videos. En el monitor de la izquierda de esta instalación, se ejecuta el programa que mezcla las imágenes en realizadas en colectivo por parte de los participantes del Mar Menor Lab 2019. En el de la derecha se reproduce el vídeo "Mar Menor un paisaje en crisis": una pieza de videoarte que elaboré a partir de los recorridos realizados junto a Ángel Pérez, y el vídeo "Laboratorio de creación: MICROmacro Mar Menor", en el que muestro las actividades y el proceso creativo del proyecto. Frente a las pantallas se presenta un microscopio DIY con muestras del mar menor, de manera que los visitantes de la exhibición pueden usar sus móviles para observarlas y generar sus propias imágenes.

Figura 79. Nota. Adaptado *de Instalación reset Mar Menor en la exhibición de Biosummit 3,* fotografía, 2019

7.1.3. MICROmacro - Cinemateca de Bogotá

Una nueva versión de MICROmacro para familias se planeó con la Cinemateca de Bogotá, proponiendo el microscopio DIY como herramienta de exploración visual de los distintos entornos de los participantes. El prototipo de microscopio fue rediseñando en colaboración con el diseñador gráfico Davide Gatti y la arquitecta Teresa Morán, optimizando el uso de materiales, y facilitando su replicabilidad en varios formatos como corte láser o troquelado. En este prototipo se usó una lente de 10mm tomada de iluminación led (2x). Las fotografías realizadas por los asistentes del taller fueron visualizadas en la pantalla de cine de la sala principal del edificio de la cinemateca, en una sesión de media hora en la que se presentaban las imágenes de los participantes y de otros archivos remezclados por software.

Figura 80 y 81. Nota. Adaptado *de Ensamblaje de Microscopios de cartón y proyección con en la sala de cine de la Cinemateca de Bogotá*, fotografía, 2021

7.2. En Un Futuro No Muy Lejano

"En un futuro no muy lejano - confinamiento hacker" es una hacktividad desarrollada en colaboración con el centro de creación Plataforma Bogotá. Plataforma es un espacio concebido para propiciar encuentros y ejercicios libres a través del uso de tecnologías digitales y electrónicas, buscando apoyar procesos de apropiación social o comunitaria de las tecnologías, poniendo al alcance del dominio público el manejo técnico y las destrezas necesarias para realizar acciones de manera colectiva y colaborativa, crear nuevos sistemas, herramientas y aplicaciones tecnológicas, con el fin de liberar y defender el conocimiento común y abierto (Plataforma Bogotá, 2020).

"En un futuro no muy lejano - confinamiento hacker" tuvo lugar de forma virtual del 4 de julio al 18 de septiembre de 2020, bajo mi coordinación y

contando con la mentoría de Luca Carrubba y Gabriela Munguía, la realización audiovisual de Edgar Rodríguez y el apoyo logístico y técnico de Plataforma Bogotá.

En esta hacktividad se propuso como un espacio virtual de encuentro, reflexión, creación y producción colectiva a partir de la situación obligada de bloqueo consecuencia de la expansión del Covid 19. En ese momento, por efecto de la pandemia, la mayoría de las ciudades estaban en un confinamiento estricto, lo que significaba que las personas estaban obligadas a permanecer en sus casas evitando todo contacto físico con otras personas; al inicio las calles estaban desoladas, los comercios cerrados y se contemplaban las cifras más altas de muerte e infección, siendo un momento de gran incertidumbre mundial.

Bajo esta atmósfera se planearon una serie de encuentros online con un grupo transdisciplinar de participantes, invitados, colaboradores y mentores, en un ambiente de permanente producción y reflexión sobre el futuro y el presente usando "el hackeo" (en un sentido amplio), como herramienta de creación. Se planteó una serie de encuentros periódicos entre los participantes, acompañados de charlas, presentaciones, debates, mesas de trabajo, espacios de creación y producción, se incentivaba el trabajo colectivo desde la individualidad de cada situación, con los instrumentos y recursos de cada cual desde sus casas. Durante las 6 semanas del laboratorio los participantes mantuvieron contacto entre ellos a través de grupos de investigación, ejercicios de creación, acciones colectivas, planeación de hacktividades espontáneas y documentación.

Los 12 participantes fueron seleccionados por los mentores buscando un grupo diverso y transdisciplinar con afinidades con las temáticas del laboratorio. Se lanzó una convocatoria pública por los canales de comunicación de Plataforma y el instituto distrital de las artes (Idartes) Bogotá y por redes sociales, que se

replicó en páginas de varias comunidades afines. Fueron escogidos para participar: Jennifer Martín Porras, María Camila Alvarado, Camila Carrillo Vargas, Fernanda Mugica, Julián Bejarano Gómez, Vladimir Martínez, Natalia Alzate Morales, Alexander Correa Vélez, María Fernanda Graciano, Wilmer Rodríguez Calvo, Pedro Granados Thorin, Juan Miceli Mazzei.

7.2.1. Objetivo general y específicos

El objetivo general de En un Futuro No Muy Lejano fue generar un laboratorio virtual de creación, reflexión y pensamiento colectivo a partir de la situación de confinamiento y pandemia, por medio de la apropiación de metodologías y herramientas del diseño crítico especulativo y el hacktivismo.

- Los objetivos específicos: Desarrollar una serie de propuestas que den cabida a la experimentación y creación a partir de elementos cotidianos y desarrollos caseros.

- Establecer espacios de diálogo y debate sobre las problemáticas actuales desde la generación de espacios de creación y experimentación transdisciplinar, abierta y participativa.

- Incentivar la creación de grupos de investigación y experimentación mediática desde la relación entre arte, ciencia y tecnología.

- Producir guías, memorias y manuales de réplica de las propuestas en internet y otros medios de dominio público.

7.2.2. Metodología

La hackactividad se planteó como un laboratorio de creación y producción usando internet como medio de comunicación y herramienta: *streaming*, canales de audio y vídeo, blogs, *hubs,* redes sociales, chats, wikis, aplicaciones, herramientas de gestión y creación colectiva on-line, etc. Los participantes, además, incorporaron las herramientas disponibles en sus casas y las estancias de las mismas a modo de laboratorios/estudios temporales destinados al desarrollo de propuestas y al trabajo colectivo.

Se partió de tres temáticas: lo biológico (ecológico), el cuerpo (sociedad) y el *big data* (postmedia), cada una bajo la dirección de un mentor encargado de orientar la investigación y los resultados. Estos tres temas fueron el detonante inicial que permitió establecer un lenguaje común y orientar conceptualmente el trabajo a través de lluvias de ideas en las que los participantes sustentaban sus puntos de vista, agrupándose distintos en equipos organizados al azar. Las reflexiones orientaron progresivamente las líneas finales de investigación, generándose grupos dedicados a imaginar futuros ficticios para cada uno de los escenarios especulativos planteados en el debate, teniendo en cuenta las siguientes preguntas:

- ¿Qué cambios se están generando o podrían llegar a generarse después del confinamiento y la pandemia?
- ¿Qué herramientas tenemos a la mano?
- ¿Qué podemos identificar como oportunidad de intervención?
- ¿Qué podemos aportar, establecer o comunicar al futuro?

En las siguientes sesiones, el trabajo de mentoría se centró en establecer un marco teórico guiado por metodologías del "diseño crítico especulativo", una herramienta desarrollada por Anthony Dunne y Fiona Raby en la que el proceso creativo de diseño no parte de la búsqueda de soluciones, sino del planteamiento de preguntas. Se pretende así generar un clima intelectual donde se puedan imaginar escenarios futuros propiciando el debate, la reflexión y el pensamiento crítico. El diseño Critico Especulativo se apoya en la predicción de futuros posibles y su uso como herramienta para mejorar y comprender el presente y discutir sobre el tipo de futuro que la gente podría (o no) desear. Plantea escenarios especulativos, a partir de la pregunta ¿Qué pasaría sí?, que está destinada a abrir espacios de debate y discusión (Dunne y Raby, 2013, p. 2). Esta metodología agiliza la posibilidad de imaginar otro tipo de escenarios que estimulan un marco creativo. Su naturaleza ficticia requiere que los espectadores suspendan su incredulidad y permitan que su imaginación divague, que olviden momentáneamente cómo son las cosas ahora y se pregunten cómo podrían ser las cosas. Rara vez desarrollamos escenarios que sugieran cómo deberían ser las cosas porque se vuelve demasiado didáctico e incluso moralista. En esta metodología, el futuro no es un destino o algo por lo que luchar, sino un medio para ayudar al pensamiento imaginativo, para especular con él (p. 3).

Conociendo este marco teórico, los grupos de investigación trazaron líneas de tiempo especulativas a 10 años, abarcando acontecimientos ficticios hasta 2030; planteando un escenario de futuro con relación a las temáticas particulares de su interés, teniendo en cuenta los cambios a nivel social, cultural, económico, etc., que podrían suceder con relación al presente.

La siguiente fase de investigación se orientó con la pregunta clásica del diseño crítico especulativo: ¿qué pasaría si? Esto ayudó a enfocar la investigación hacia propuestas de intervención y hackeo que se sirvieran de las herramientas del movimiento *hacker* y *maker*, de la ciencia de garaje, del DIYbio, del bioarte, del cacharreo electrónico, la ingeniería inversa, del software y hardware

abierto. En esta etapa, cada mentor guío el proceso creativo y estableció las metodologías de trabajo específicas de cada equipo, aplicando distintos saberes del grupo a tres proyectos colectivos distintos. Cada uno ideó una serie de acciones breves que se ejecutaron durante la semana dos últimas semanas de la hacktividad.

Todo el proceso y los diseños especulativos propuestos quedaron recogidos en una publicación de 86 páginas con el nombre de "manual de instrucciones" y en un blog (www.confinamientohacker.wordpress.com) con las fases del laboratorio y vídeos del proceso y la muestra final.

Como acción final, se elaboró una "cápsula del tiempo" en impresión 3D, (actualmente en manos de Plataforma Bogotá), que contiene el manual de instrucciones y varias piezas simbólicas de los proyectos y que será abierta en el año 2030, en una sesión última sesión del laboratorio.

7.2.2.1. Plan de actividades y temáticas de En Un Futuro No Muy Lejano

Semana 1: La máquina del tiempo
La pandemia como evento inesperado que cambiará el futuro de la humanidad; se toma como punto de partida para la ideación de escenarios "supuestos" del presente al futuro a partir de predicciones imaginarias relacionadas con los ejes temáticos del laboratorio.

Para esto, se establecieron conceptos e ideas en común sobre las temáticas a través de la lluvia de ideas y debates individuales y grupales con los mentores. Se generó un marco conceptual general inicial y se establecieron grupos de trabajo por afinidades temáticas.
Sesión 1: sábado 4 de julio de 10:00 a 16:00. 10:00 Preparación. 10.30 Presentación de las(os) participantes. 11.30 Presentación de la actividad. Presentación equipo. 13:00 Debate inicial. 14:00 Descanso. 16:00 Orientación mentores por equipos de trabajo.
Jornadas de teletrabajo, 6 al 10 de julio. Bajo la metáfora de la máquina del tiempo, cada grupo elaboró una línea de tiempo a 2030, a partir de acontecimientos ficticios políticos, sociales, científicos, tecnológicos y culturales. Se esbozó un escenario de futuro representado en una imagen o en una serie de imágenes.

Semana 2: ¿Qué pasaría si?
A partir del escenario propuesto y la retroalimentación por parte de los mentores, los grupos presentaron la línea de tiempo con relación a las tres temáticas del laboratorio. Se pusieron en debate los escenarios propuestos, buscando retroalimentación de los participantes exponiendo sus puntos de vista, discrepancias y aportes conceptuales o creativos. Los grupos revisaron las herramientas con las contaban en el presente (conceptuales, materiales, logísticas), y el cómo estas se pueden usar para dar inicio a una investigación y a la experimentación.
Sábado 11 de julio de 10:00 am a 4:00 pm. 10:00 Encuentro por grupos de trabajo 11.30 Presentación y debate sobre las líneas de tiempo. 13:00 Descanso. 14:00 Charla "Soñando satélites apropiándose del futuro" por Luca Carruba 15:00 Charla "Objetos especulativos sobre el futuro" por Hamilton Mestizo
Jornadas de teletrabajo, 13 al 17 de julio. De vuelta al tiempo presente, los grupos identificaron objetos (sistemas) como oportunidad de intervención, analizando las formas de interacción y funcionamiento poniendo especial cuidado en sus anomalías,

contradicciones, debilidades, conflictos, como potencialidades que permite que sea hackeable.

Semana 3 y 4: Momento cero.
Cada grupo planeó una serie de intervenciones o acciones en sus cotidianos: ingeniería inversa, intervención sistemática, performance, desarrollo de software y/o hardware, diseño de objetos, etc. Se pensó estas intervenciones como el "momento cero" de una serie de cambios y acontecimientos del escenario en el presente como activadores y oportunidades de hackeo.
18 de julio de 10:00 a 16:00. 10:00 Charla "conspiraciones somos" por Colectivo Conspiraciones contra la Reconstrucción de un Mundo. José Platzek, Lizette Nin, Jorge Sánchez, Rafael Frazao y Luna Acosta. 11:00 Charla "Laboratorio Mycocrea" por Ana Laura Cantera y Emiliano Gentile. 12:00 Charla "Ecologías Invisibles: prácticas de acupuntura terrestre" por Gabriela Munguía. 13:00 Encuentros por grupo de trabajo.

25 de Julio de 10:00 a 16:00. 10:00 Ritual grupo “Niebla” 11:00 Ritual grupo “Uniastre”. 12:00 Ritual grupo “Serendipia”. 13:00 Encuentros por grupo de trabajo.
Jornadas de teletrabajo, 20 al 24 de julio. Planeación, ejecución y agenda de actividades relevantes a la investigación de cada grupo. Presentación de las propuestas en la semana 4 por medio de un ritual de iniciación y un nombre del grupo.

Semana 5: Producción.
Ejecución de hacktividades por grupo. Presentación de avances/resultados. Diseño gráfico de memorias con el título de “manual de instrucciones”, preparación contenidos y documentación y memoria.
Sábado 1 de agosto de 10:00 a.m. a 4:00 p.m.

10:00 Presentación avances de las hacktividades. 12:00 Reunión por grupos de trabajo. Coordinación y desarrollo de propuestas.
Jornadas de teletrabajo del 3 al 7 de agosto. Ejecución de hacktividades y documentación.

Semana 6: Muestra pública.
Socialización de resultados. Cierre de la HACKTIVIDAD. Se realizó una presentación pública por internet vía streaming presentado los procesos creativos, las propuestas ejecutadas y la documentación : blog, vídeos y manual de instrucciones (publicación de 85 páginas). La presentación pública en internet incluye: documentación del proceso en el blog, guía online y vídeo del hackeo. 2. Dirigido a: Público general interesado en generar propuestas y proyectos transdisciplinares. Buscaremos visiones renovadoras a partir de las experiencias de cada miembro del grupo. Se buscará juntar a un grupo de trabajo

Sábado 8 de agosto de 14:00 p.m. a 18:00 p.m. 18.00 Presentaciones de proyectos. Durante toda la hacktividad se estará recopilando información y memorias en un blog o página web, incluyendo ejercicios, reflexiones, vídeos y guías.

7.3. MICROuniversos

La Astrobiología, la ciencia que investiga la vida de los astros y la biología en el cosmos, ha sido el punto de inspiración para el desarrollo de MICROuniversos, en el que busco establecer un canal de comunicación entre el cosmos y los microorganismos que habitan este planeta, específicamente los que están en el aire.

Como demostró Louis Pasteur en sus experimentos, con los que quería refutar la teoría de la generación espontánea, en el aire viven una gran variedad de microorganismos que viajan a través de las partículas de polvo, en la humedad, en la lluvia, en el polen, en fibras y pieles, sustancias orgánicas, etc. Pasteur, con ayuda un aspirador diseñado por él, hacía pasar una determinada cantidad de aire por algodón-pólvora puesto en un tubo de vidrio que luego se hundía en alcohol-éter. En el líquido quedaban depositadas las partículas suspendidas

en el aire, entre ellas esporas de mohos y bacterias. Ya en 1862 Pasteur las observa a través del microscopio y las describe como corpúsculos cuya forma y estructura anuncian que son organizados, esféricos, ovoides, translúcidos. En aquella época, uno de los motivos que propiciaron el estudio de los microorganismos fue descubrir que eran la causa de algunas enfermedades, y que bacterias, esporas o virus flotan en el aire en estado vegetativo esperando un huésped (de la Rosa et al, 2002, p. 377).

A mediados del siglo XX se inicia el estudio de la aerobiología, una ciencia que estudia los microorganismos del aire en todos sus aspectos: identidad, comportamiento, movimientos y supervivencia. (p. 381). Estos microorganismos son la evidencia del entramado que sostiene la vida en el planeta a través del aire, y lo frágil y complejo de sus relaciones.

En mi obra MICROuniversos, plateo un nuevo concepto, la "AstroAerobiología", con el que pretendo establecer un campo de investigación particular en el que, a través del lenguaje audiovisual, se entrecrucen los niveles perceptivos de las escalas más extremas del universo, la astronómica y la microbiótica. En la obra, se establecen de forma especulativa relaciones entre los cuerpos celestes y la vida en el planeta, como memoria del origen y desarrollo del universo en el presente. En los microorganismos, en sus complejas colonias y en las relaciones interespecies se presenta evidencia de la entropía negativa en los sistemas vivos que está presente tanto en el planeta como en los astros; la transmutación de la materia y la energía avanza en formas ordenadas, con ciclos de existencia, cambio y destrucción. Los microorganismos que viajan por el aire son invisibles al ojo humano, pero son una parte esencial de la biosfera, son una evidencia de la riqueza de los ecosistemas microscópicos, su microbiota, descubriendo un universo complejo.

Las interacciones biológicas momentáneas y únicas de los microorganismos tienen lugar constantemente y pueden ser observadas en el laboratorio a

través de su colección y cultivo en el interior de cajas de Petri. Con esta técnica es posible contemplar entramados, estructuras y formas que se asemejan a las imágenes que los telescopios nos muestran de las constelaciones galaxias y planetas, abriendo un amplio espectro de posibilidades de especulación sobre las fronteras y similitudes entre el universo microscópico y el macroscópico.

La pandemia del Covid-19 ha puesto en evidencia la importancia de los microorganismos en el entramado cultural, político y económico de nuestras sociedades obligándonos a prestar atención al paisaje microscópico que nos rodea y del que somos parte. Nos ha mostrado como algo invisible y aparentemente insignificante; ha puesto en crisis los sistemas humanos evidenciando la relevancia de los microorganismos en la biósfera.

El proyecto de creación artística-científica MICROuniversos es una obra en proceso, en la que combino medios de cultivo de microbiología con tintes especiales para dar color, teñir los microorganismos y pintar atmósferas, desvelando formas y estructuras con una gran riqueza plástica derivada de la diversidad de estos seres vivos haciendo visible el entramado que existe en nuestro microuniverso plagado hongos, algas, bacterias, virus y levaduras.

Para ejecutar la obra, microorganismos presentes en el aire son colectados exponiendo los medios de cultivo directamente a la atmósfera en lugares específicos durante horas o días, atrapando la vida microscópica presente en calles, parques, transporte público, restaurantes, tiendas, bares. Luego, estos medios se cultivan en una incubadora, apareciendo progresivamente durante los siguiente días y semanas la increíble variedad de la esta vida oculta.

Cada MICROuniverso es una pieza única e irrepetible, un acto programado cuyo resultado es incierto, una fotografía de un aspecto oculto de la ciudad. Al igual que la fotografía, los materiales se preparan cuidadosamente en el momento

de la toma, luego con cuidado se escoge el lugar y momento de la captura y por último se espera con inquietud y asombro el momento en el que la imagen se revela en la incubadora. De esta manera he realizado diferentes versiones de MICROuniversos, en Madrid Bergen y Bogotá. Cada uno, es un retrato del universo microscópico único e irrepetible de cada ciudad.

La primera versión de MICROuniversos se desarrolló a partir del confinamiento estricto provocado por la pandemia en el año 2020. Unos meses antes se había realizado el laboratorio MICROmacro en BioCrea (capítulo 6.6.), del cual nació un grupo de investigación colaborativo estable que contaba reuniéndose en el biolab. El interés del grupo era dar continuidad a prácticas, de microbiología y microscopía, explorando además con medios de visualización usando software y hardware, fotografía y vídeo.

Semanas antes del confinamiento comencé a experimentar con distintas mezclas de medios de cultivo, añadiendo otros componentes como tintas y pinturas y con estos medios colecté organismos en varios ambientes de Madrid como parques, plazas, plazas, estaciones de metro, bares, tiendas entre otros. Durante este mismo periodo, junto al grupo de trabajo del biolab, estaba haciendo pruebas de un nuevo prototipo de incubadora DIY Incubox (6.4.4.), con estos mismos estos medios de cultivo, haciendo algunas variaciones de software para optimizar su rendimiento y obteniendo buenos resultados de su performatividad.

Días antes del confinamiento, ante la situación de emergencia, decidí comprar materiales de laboratorio con los que me fuera posible seguir experimentando desde mi propia casa trasladé algunos medios de cultivo e improvisé un pequeño “biolab” de escritorio.

Reuní y ordené en una maleta de mano todos los materiales e instrumentos necesarios para preparar medios de cultivo (a la cual llamé “Portablelab”) e

hice un primer experimento casero. En mi cocina preparé algunos medios de cultivo pintados con tintas chinas esparcidas en el agar, ensayando contrastes y colores que fuesen el soporte con el que trabajar de manera y vídeos microscópicos. Salí a la calle esa tarde a colectar muestras en un recorrido en la ciudad, desde el Museo Reina Sofia a Madrid Rio. Luego en la noche los puse en la incubadora a 30 grados, a los dos días comenzó el estado de alarma en España y también empezaron a aparecer los primeros microorganismos colectados en las cajas de Petri.

Figura 82. *Nota.* Adaptado de *Laboratorio portátil*, fotografía, 2020.

De este primer experimento de laboratorio surgieron varios adelantos de investigación. El primero, tiene que ver con la eficacia de los medios de cultivo, la tinta no fue tóxica y permitió el crecimiento de gran variedad de microorganismos del aire, con un hallazgo inesperado, algunos microorganismos tomaban los colores de las tintas en su fisonomía o

generaban contrastes con el fondo con sus propios colores. El segundo versó sobre el modo de documentar el proceso, por lo que hice pruebas de fotografía y vídeo usando varios tipos de lupas y un lente macro. Descubrí así, que podría realizar imágenes de microorganismos de apariencia muy parecida a las fotografías del universo tomadas por telescopios y videos similares a los de los de viajes espaciales navegando por mis medios de cultivo con las lupas y lentes. Otro logro fue el desarrollo de una técnica de conservación a partir de barnices y resina epoxi, lo que permite detener el crecimiento de los microorganismos y preservar el momento de desarrollo conservando las estructuras celulares de las colonias.

Figura 83. Nota. Adaptado *de laboratorio portátil: preparación de medios de cultivo para el cultivo microbiano*, fotografía, 2020.

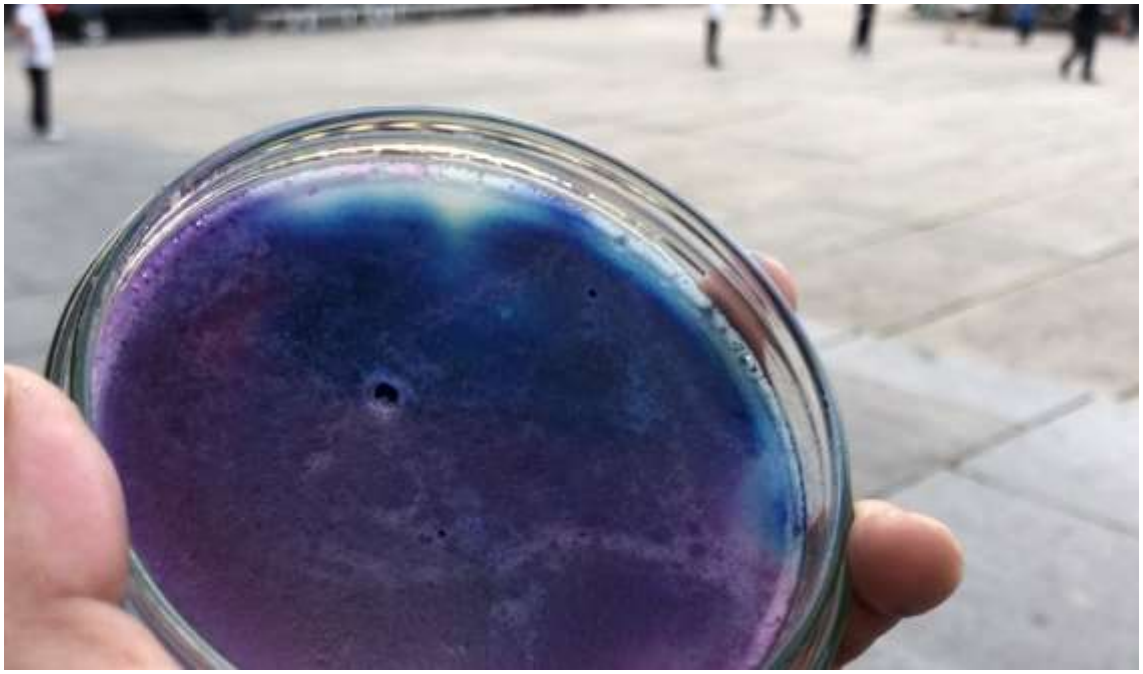

Figura 84 y 85. Nota. Adaptado de *Laboratorio portátil: preparación de medios de cultivo para el cultivo microbiano*, fotografía, 2020.

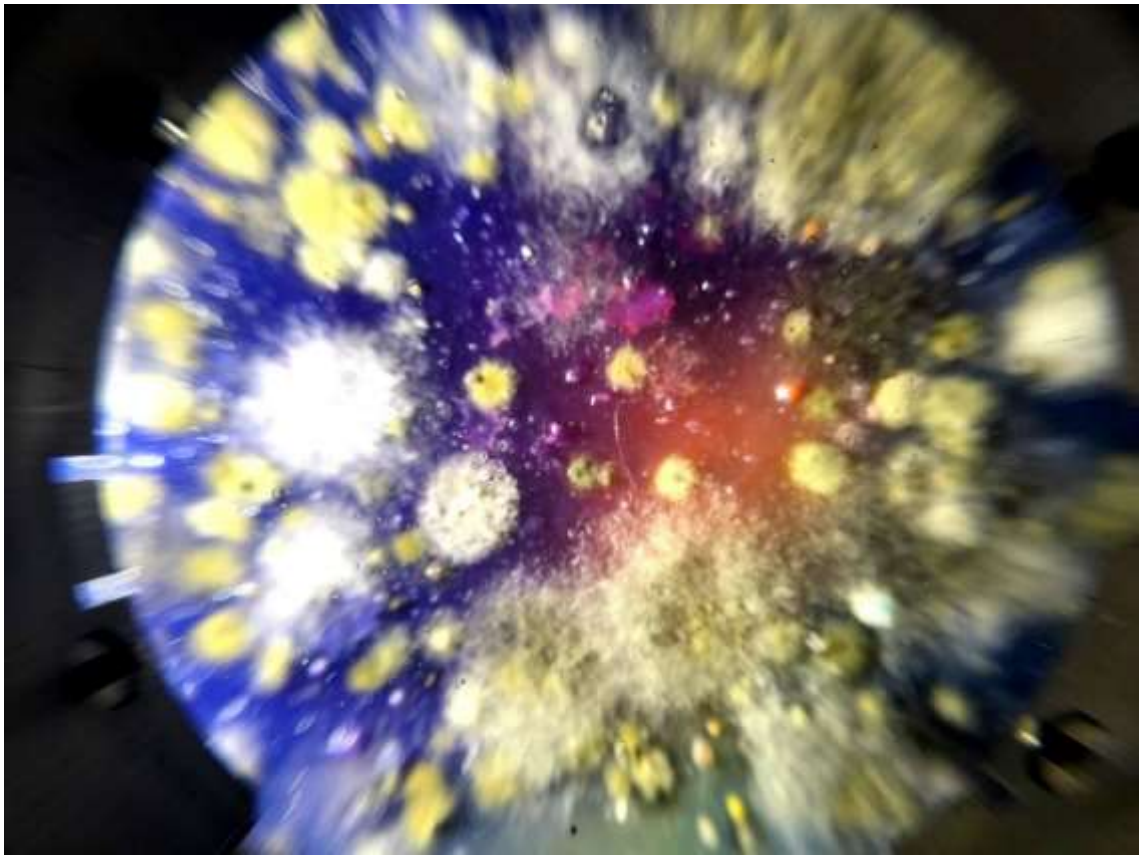

Figura 86 y 87. Nota. Adaptado *de Experimentación con lentes y coloreado de medios de cultivo,* Fotografía, 2020.

7.3.1. MICROuniversos Bogotá

En el mes de junio del año 2020, superada la etapa de confinamiento estricto, reabiertas las fronteras entre España y Colombia y restaurados los vuelos internacionales, viajé a Bogotá llevando el portablelab, con la intención de repetir el proyecto de creación artística-científica MICROuniversos en otro ambiente y tomar fotografías del resultado con lente macro, siempre en la búsqueda de imágenes de cultivos microscópicos de la atmósfera que representaran universos macroscópicos.

Las imágenes de MICROuniversos Bogotá fueron parte de la exhibición on-line "a|cerca del origen" del I Festival Suratómica de Creación - Arte y Ciencia (realizado de forma virtual por causa de las restricciones debidas a la pandemia). En el festival, artistas, científicos y creadores locales e internacionales interesados en el arte ciencia se citaron de forma en un espacio de encuentro creación y divulgación en remoto, a través de charlas, clases, talleres y performances en vivo. Suratómica fue un punto de encuentro para el diálogo desde las diversas áreas del conocimiento que, bajo las ideas de colaboración, apertura y diversidad, se reunían para pensar nuevas formas de organización y creación (Suratómica, 2020a). "A|cerca del origen" sugiere preguntas profundas y existenciales, que el arte y la ciencia han intentado responder desde la metáfora, las matemáticas, la técnica y la tecnología. El tema de la exhibición fue el siguiente:

> En las indagaciones de la física cuántica coexisten las grandes preguntas de las artes y de la ciencia. A|CERCA DEL ORIGEN es tanto la cercanía en el espacio-tiempo al *Big Bang* como la indagación sobre la emergencia del universo. El origen como la singularidad, donde las leyes de la física tal como las conocemos no se manifiestan, donde no existe el tiempo y por lo tanto no hay un "antes". El origen como la

> ausencia de fronteras. ¿Por qué existe algo en vez de nada? La posibilidad de retroceder en el tiempo hasta pocos milisegundos después del Big Bang, el descubrimiento del bosón de Higgs, la creación de experimentos monumentales para emular las colisiones nucleares y la creación de antimateria en un laboratorio han acelerado en tiempos recientes la producción de cientos de teorías, hipótesis y nuevos entendimientos de la materia y del universo. ¿Dónde se enlaza el pensamiento artístico y el pensamiento científico para explorar el origen del todo? (Suratómica, 2020b)

Bajo esta perspectiva la serie fotográfica MICROuniversos Bogotá se enfocó en buscar paralelismos en la manera en la que percibimos y, por ende, entendemos los microbios, la vida, las galaxias, los astros, planetas y mundos. Para lograr el resultado perseguido, escogí una paleta de en los medios de cultivo donde los microorganismos iban a crecer y desarrollarse que permitiese pintar escenografías "espaciales". En este caso la colección se hizo en una sola zona: el bosque del humedal Córdoba en la ciudad de Bogotá, un lugar reconocido por la conservación de la flora y la fauna endémica de la montaña andina. Los medios de cultivo fueron preparados con una mezcla de nutrientes diferente en cada caja de Petri con el objetivo realizar otro experimento contrario al anterior, en el que de una misma mezcla usada en diferentes atmósferas se obtuvieron todas las colonias, en este caso muchas mezclas distintas mezclas se testaron en un mismo ambiente, usando la incubadora Incubox para el cultivo.

Figura 88 y 89. *Nota*. Adaptado de *Medios de cultivo y la incubadora incubox,* fotografía, 2020.

De todo el proceso creativo realizado en Bogotá 8 fotografías escogidas de los cultivos se presentaron en la exhibición on-line de Suratómica. También, como parte del festival presenté una vídeoperformance en vivo en la que simulaba un viaje "espacial" navegando con distintos tipos de lentes sobre las cajas de Petri usando la cámara del móvil como microscopio y transmisor de vídeo.

El resultado del experimento en Bogotá se presentó en el Festival Suratómica de la siguiente manera:

> MICROuniversos se acerca a preguntas sobre el origen desde la vida orgánica interpretada como memoria del universo. Da lugar a interrogantes sobre los límites de lo que llamamos vivo, como formas de ser que se replican y evolucionan en el universo a todos sus niveles. Tanto el telescopio como el microscopio han sido herramientas usadas por la ciencia, y han permitido revisar la existencia de universos ocultos a simple vista. En ambos casos nos han permitido acercarnos a seres inimaginables a través de la generación de imágenes: como puede ser la de un agujero negro o una constelación o una congregación de galaxias o una colonia de microorganismos, bacterias, hongos o levaduras. Las interacciones biológicas momentáneas y únicas que se dan al interior de estas cajas de Petri generan entramados de estructuras y formas que se asemejan a imágenes en el telescopio abriendo un ciclo de posibilidades de especulación sobre las fronteras y similitudes entre lo micro y lo macro. La astrobiología establece un campo experimental donde MICROuniversos Bogotá buscó entrecruzar niveles perceptivos de las escalas del universo y su relación con el origen donde en los microorganismos y sus complejas colonias se presenta una evidencia de una entropía negativa que vemos presente en la transmutación de la materia y se desvela en formas con un orden, desde la espontaneidad y veracidad de la vida invisible que nos rodea. (Suratómica, 2020c).

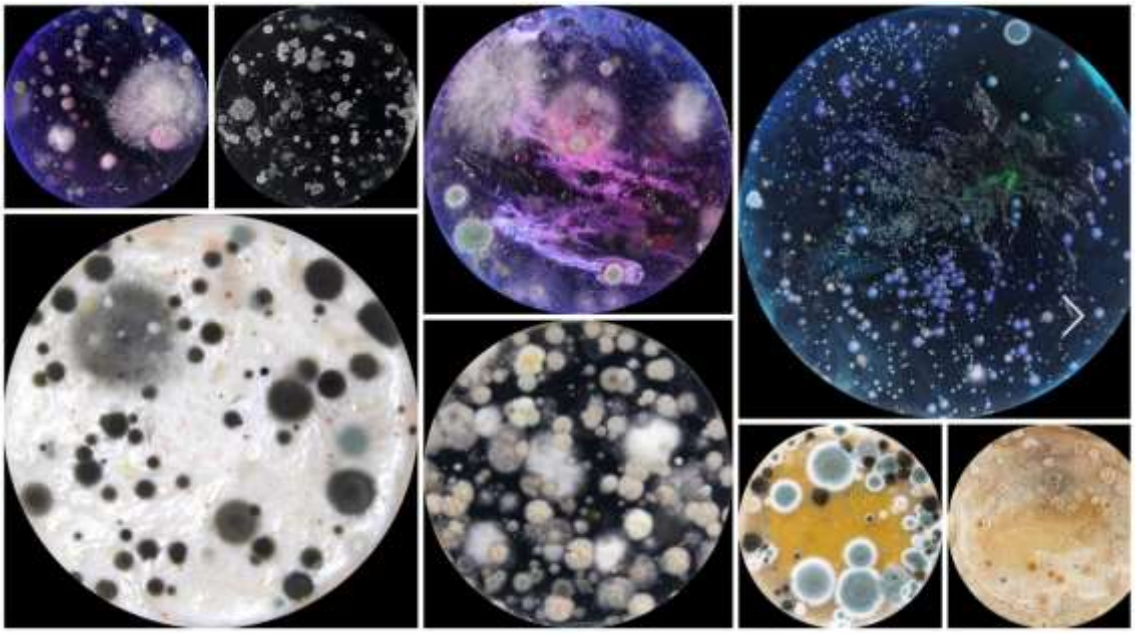

Figura 90. Nota. Adaptado de *exhibición on-line de MICROuniversos Bogotá como parte de Acerca del Origen Suratómica*, fotografía, 2020

7.3.1.2. Guía LADA. Microscopia DIY

La Guía LADA, Microscopia DIY es una actividad derivada del proceso creativo de MICROuniversos La Aventura De Aprender (LADA) es un proyecto de divulgación coordinado por Antonio LaFuente para el Instituto Nacional de Tecnología Educativas y de Formación al Profesorado (Intef), con el objetivo de brindar al profesorado herramientas pedagógicas de temas que surgen fuera de las academias desde la convicción de que el conocimiento es una empresa colaborativa, colectiva, social y abierta (Intef, s. f.). LADA se encarga de la producción de guías didácticas con el objetivo de fortalecer la puesta en marcha de proyectos colaborativos que conecten las actividades de las aulas de clase con lo ocurre fuera de la institución de enseñanza, en una publicación seriada distribuida a través de licencias abiertas (Creative Commons Reconocimiento-Compartir Igual 4.0 Licencia Internacional). Durante el 2020 LaFuente coordinó una edición de tres guías dedicadas a las prácticas de

biohacking y DIYbio, en un lenguaje sencillo e ilustrativo. Estuvieron a cargo de Vannesa Lorenzo con la guía "cómo hacer un laboratorio *biomaker*: Impresión con bacterias", Francisco Quero con "cómo hacer *biohacking* genético" y Hamilton Mestizo con "Cómo hacer microscopia DIY".

La guía "cómo hacer microscopía DIY" ilustra actividades y procedimientos de microbiología, microscopía y microbotánica de forma casera. Presenta técnicas, instrumentos y prácticas sencillas y de fácil producción que se puede incorporar en la enseñanza o como prácticas culturales orientadas desde el DIYbio y el *biohacking*. Invita a iniciar o dar continuidad a biolabs ya sean comunitarios, educativos, privados o de garaje. Se hace hincapié en la bioseguridad y la protección de las personas y el medio ambiente. También se abre la posibilidad de construir, copiar, hackear otra instrumentación como microscopios o incubadoras y la realización de procedimientos de laboratorio a partir de materiales caseros y fácilmente obtenibles. La guía se desarrolla a través de 7 pasos (Mestizo, 2020, pp. 8-25):

1. Bioseguridad en el biolab: Se hace énfasis en las normas básicas, los riesgos biológicos del uso indebido del laboratorio de cualquier tipo de biolab sea fijo, temporal, institucional o de garaje y consejos prácticos para realizar los procedimientos. Se explica el uso de la Autoclave para el tratamiento de residuos orgánicos y de esterilización, usando una olla a presión para cocinar.

2. Microscopía: Se retoma la historia de la óptica para resaltar el importante papel que ha tenido el avance tecnológico del microscopio en el desarrollo de la medicina y la biología. Se introduce la investigación del microscopio de cartón a partir de lentes de punteros láser y cámaras web "alteradas" como una posibilidad de tener herramientas de bajo costo para la investigación y observación del mundo microscópico.

3. Expedición Microbotánica: en este paso se introduce históricamente "las expediciones botánicas" del siglo XVIII y XIX realizadas en la Nueva Granada (Colombia) como un ejemplo de colaboraciones donde convergen el arte, la ciencia y la tecnología. Se plantea un ejercicio de expediciones botánicas apoyadas por la microscopía y DIYbio. Se desarrolla un ejercicio de preparación de placas de observación usando portaobjetos y silicona para fijar las muestras y poder hacer colecciones y herbarios de ecosistemas específicos, poniendo como ejemplo un muestreo de hojas, flores y semillas realizado en el humedal Córdoba de Bogotá, con el nombre de "Expedición Bogotánica".

4. El micromundo a mi alrededor. Otras prácticas: Se instruye una serie de tres ejercicios de microscopía que se pueden realizar fácilmente. El primero es para la observación de la estructura celular de la piel de una cebolla, la cual tiene similitudes con células humanas, pero se puede observar claramente las diferencias entre células animales y vegetales. La segunda es para observar protozoarios del agua, los cuales están presentes en fuentes de agua no potable y puede determinar su calidad, por ejemplo, para el consumo humano. La tercera es una técnica para observar las bacterias que viven en la boca, presentado como evidencia del microbiota y sus complejas relaciones simbióticas.

5. Medios de cultivos: Se ilustra paso a paso el procedimiento realizado en MICROuniversos Bogotá como ejemplo para la preparación de medios de cultivo, como también otras posibilidades de experimentación a partir de otros materiales y nutrientes.

6. Los microorganismos del aire: Se explica el experimento de MICROuniversos Bogotá y los microorganismos comunes del aire.

7. Cultivo e incubación: Se presenta la incubadora como una herramienta para el control y bienestar de los cultivos de microorganismos, y el desarrollo de la incubadora "incubox" desarrollada en BioCrea como una posibilidad replicable, de bajo costo y código abierto.

7.3.2. MICROuniversos Bergen 2020

MICROuniversos Bergen, se ejecutó en el marco del festival Piksel. Piksel es una red internacional y un evento anual de arte electrónico y libertad tecnológica que realiza un festival anual en Bergen Noruega, donde reúne a artistas y creadores internacionales para intercambiar ideas, presentar proyectos de arte y software, realizar talleres, performances y debates sobre estética y la política de las tecnologías libres. Piksel se centra en el movimiento de cultura libre y código abierto como estrategia para recuperar el control artístico de la tecnología, pero también un medio para llamar la atención sobre las estrechas conexiones entre el arte, la política, la tecnología y la economía (Piksel, 2014). Por el avance de la pandemia en noviembre 2020, fecha en la que se realizaba el Festival Piksel, Noruega obligaba a mantener cuarentenas de 10 días al entrar al país como medida para mitigar el contagio de la población con el virus proveniente de viajes internacionales. Por este motivo, el festival decidió realizar una convocatoria para invitar a artistas o colectivos que pasaran esta cuarentena obligatoria en varias residencias en Bergen los días anteriores al festival para producir proyectos, obras de arte, performances, instalaciones, talleres, en confinamiento (Piksel, 2020).

Uno de esos proyectos fue MICROuniversos Bergen, proponiendo instalar un laboratorio de microbiología en la residencia, con ayuda del Portablelab, y trabajar en esos días en la colección y cultivo de microorganismos del aire. Como tenía que cocinar todo el tiempo en casa, decidí usar los residuos orgánicos de mi actividad diaria como parte de la preparación de los medios de cultivo durante los primeros días, dejándolos luego en varios lugares en el espacio público alrededor de la residencia, algunas calles y parques, exponiéndose al aire, la lluvia y humedad de esos lugares. Luego, estos medios se incubaron a 35 grados, tomando fotos continuamente de su crecimiento y desarrollo. Cada caja de Petri desveló un paisaje microscópico único y cambiante (microuniverso), imágenes pintadas a partir de las complejas estructuras celulares de los microrganismos y de sus interacciones biológicas.

Figura 91. Nota. Adaptado *de exhibición Piksel Fest - medios de cultivo MICROuniversos Bergen*, fotografía, 2020

Con estas imágenes realicé un vídeo en alta resolución con una mezcla de *timelapses* del crecimiento de los cultivos y fotografías de la evolución de estos medios durante el tiempo, durante los días del festival, el vídeo resultado fue proyectado en gran formato en fachadas de edificios de la ciudad. Los MICROuniversos revelados al final de la cuarentena se trataron con resina para preservar las estructuras celulares, colonias y micelio y se presentaron en sus las cajas de Petri como parte de la exhibición de resultados en el Piksel Studio.

Figura 92 y 93. Nota. Adaptado de *exhibición Piksel Fest - Proyecciones de vídeo de MICROuniversos Bergen en fachadas de edificios en el centro de la ciudad*, fotografía, 2020

7.3.3. MICROuniversos Madrid 2021

La exploración en la proyección de gran formato del vídeo de MICROuniversos producido en el Festival Piksel, fue un hallazgo conceptual significativo para la continuidad del proyecto. El cambio de escala puede ofrecer experiencias inmersivas que explotan la idea de "universos", buscando profundizar en esta experiencia, en el año 2021, presenté una propuesta para la producción de un mediometraje para domo (planetario), a través de una convocatoria pública del Instituto Distrital de la Artes de Bogotá, la cual resultó ganadora del estímulo y fue cofinanciada por el Ministerio de Ciencias e Innovación de Colombia.

La propuesta seleccionada se basaba la realización de una película de mediometraje (25 minutos), documental-videoarte sobre los microorganismos. Por lo que se tomaron nuevas muestras de microorganismos y se realizó un seguimiento fotográfico de 12 tipos diferentes de cultivo, buscando imágenes que permitan ver el nacimiento y evolución de los microorganismos, y las relaciones interespecies en escenarios pictóricos del "espacio exterior". El resultado es la película para domo: MICROuniversos "un viaje espacio temporal por los microorganismos del aire".

Las obras resultantes de esta convocatoria se mostraron durante la cuarta edición el festival Domo Lleno: "Un evento de alcance internacional que nace con el propósito de fomentar la exploración audiovisual en nuevos formatos y de visibilizar el trabajo de autores tanto emergentes como consolidados en la escena de las artes visuales la ciencia y la tecnología" (Idartes, s. f.). Este festival hace parte de la Línea Estratégica de Arte, Ciencia y Tecnología de Idartes enfocado en las transformaciones tecnológica que proponen nuevas formas de creación como el big data, el internet de las cosas, la digitalización, la inmaterialidad y conservación de las obras, los proyectos hechos en red, el internet 2.0 y 3.0 y la activa participación ciudadana.

Desde la primera edición en 2017 Como parte del festival han participado artistas de trayectoria internacional como Rosa Menkman (Holanda), Johnny Ranger (Canadá), Jorge Haro (Argentina) y José Alejandro Restrepo (Colombia), Roger Malina (Estados Unidos), Silvia Rivas (Argentina), Guido Corallo (Argentina), Olivia Jackson (Estados Unidos), Nicolas Wierinck (Bélgica), Ryoichi Kurokawa (Japón), Cristian Reynaga, Festival +CODE (Argentina); Iris + flordefueg@ (Argentina), Olivia Aldo Benítez (Argentina) y Silvia y Francisco Barreto, del Festival Inmersphere (Brasil), Jeremy Oury (Francia), Julius Horsthuis (Países Bajos) y el colectivo ZCCZ (Argentina): posicionándolo como uno de los festivales en formato fulldome más importantes de América Latina (SCRD, 2019). También ha apoyado a artistas colombianos emergentes y con trayectoria a través de la convocatoria del estímulo de producción como por ejemplo la pieza Hydrid en 2017 de Carmen Gil Vrolijk y Camilo Giraldo Angel hecha en After Effects con el plug-in Trapcode por la animación (movimiento de partículas) se generan con sonido, el cual, en parte, fue hecho con bacterias grabadas con nano micrófonos en un laboratorio en Oxford (C. Gil, comunicación privada de P. Tornero, 2018).

También ha participado Juan Carlos Orozco, investigador independiente en arte y medios electrónicos interesando en los medios digitales para la producción de "situaciones" en contextos múltiples en el campo de las artes vivas: teatro, danza, performance, conciertos audiovisuales, mapping en espacios públicos y video instalaciones (Orozco, s. f.), y quien fue invitado especial en la edición de 2018 como parte del colectivo Telefante junto con Luis Negrón van Grieken. Orozco a través de su productora Patamedia realizó el video ensamblaje y composición de esta pieza. La musicalización fue realizada en colaboración con la bioartista mexicana Leslie Garcia quien es parte del colectivo Interspecifics desde 2013, y exploran el sonido y la inteligencia artificial, experimentando patrones de la naturaleza como una forma de comunicación que lo abarca todo (Costa, s. f.) El colectivo describe sus líneas de investigación como una exploración "del difícil problema de la conciencia y la estrecha relación entre

mente y materia, donde la magia parece ser fundamental. El sonido sigue siendo nuestra interfaz con el universo".

Conceptualmente el proyecto MICROuniversos plantea un relato documental de viaje, a través de la visita espaciotemporal al microuniverso, captando imágenes de microorganismos del aire con varios niveles de aumento y detalle. Las observaciones fueron realizadas con un lente macro profesional de 2X, una cámara fullframe a 62 megapíxeles y un set de iluminación, con la misma metodología y procedimientos biológicos adoptados en los proyectos anteriores. En esta producción, se hizo seguimiento a la evolución de los cultivos por un mes completo, buscando captar momentos del desarrollo en gran detalle. Se navegó en las superficies de las placas Petri buscando el detalle de las distintas partes de los cultivos y de su vida, resaltando las características físicas y tridimensionales de los microorganismos, explorando escenas de crecimiento y desarrollo particulares con varios ritmos, planos y tiempos a partir de animaciones realizadas en timelapses y stopmotion, cambios de iluminación y movimientos de cámara. Tomé como referencia visual las imágenes de telescopios los viajes espaciales de la ciencia ficción en el cine y las producciones propias de los planetarios que hacen viajes espaciales y acercamientos al universo.

El estreno se realizó el día 4 de diciembre de 2021, enmarcado en el Festival "Domo lleno" en el planetario de Bogotá, en una pantalla de proyección de altaresolución (6K) y 70000 lúmenes (Idartes, 2021).

Figura 94. *Nota*. Adaptado de *Estudio de producción fotográfica,* fotografía, julio 2021.

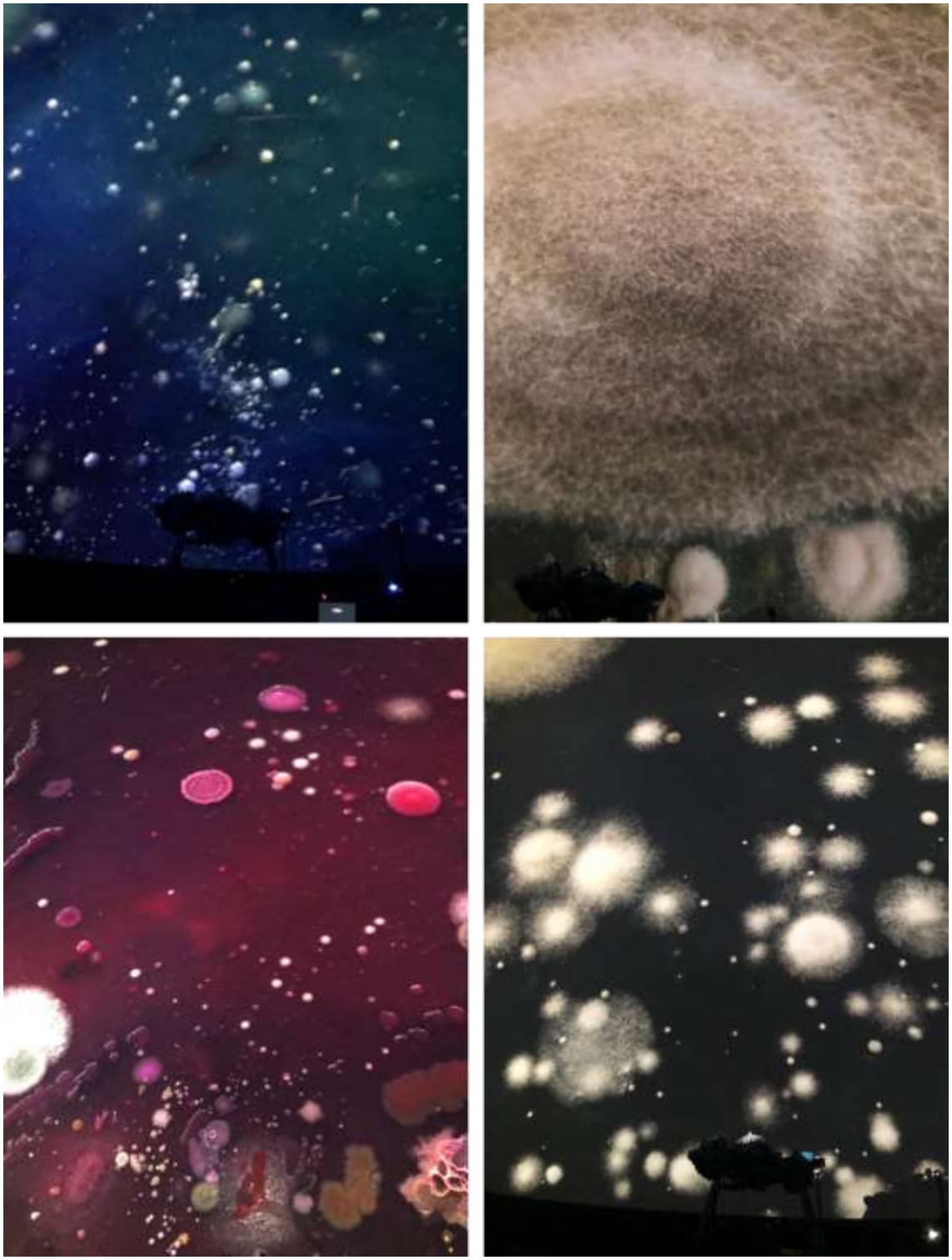

Figura 95 a 96. Nota. Adaptado de *fotografías al Domo del planetario de Bogotá durante la proyección de MICROuniversos en el festival Domo Lleno*, fotografía, diciembre 2021.

7.3.4. MICROuniversos ExpoDoc 2022

La última acción hasta la fecha de este proyecto creativo en evolución es la participación de MICROuniversos en la exhibición colectiva EXPODOC 2022 de la Facultad de Arte de la Universidad Complutense de Madrid. Para la muestra, elaboré una instalación a partir de 12 de las cajas de Petri con los cultivos preservados en resina que había colectado en las intervenciones de MICROuniversos en las ciudades de Bogotá, Bergen y Madrid.

En el caso de Bogotá, estos medios de cultivo fueron realizados con distintos nutrientes en proporción de 1 a 2 gramos en cada caja de Petri: cubo de caldo, fécula de patata, extracto de levadura, tryptone, proteína de soya, Bacto-agar, usando de base agar-agar en una disolución de 10 gramos en un litro de agua destilada (Mestizo, 2020, p. 21), procedimiento que se repitió en Madrid. En el caso de Bergen, los nutrientes de los medios de cultivo fueron realizados con comida orgánica más que todo verduras.

El proceso de preservación de los medios de cultivo con las colonias de microorganismos que crecieron en ellos se realizó usando resina epoxi sobre el medio, debidamente sellado con barnices en la superficie sin microorganismos con el fin de evitar el esparcimiento de tintes en la resina. Esto permite mantener estructuras celulares, micelares y coloniales de bacterias, sin afectar a los tejidos delicados como son, por ejemplo, los filamentos de los mohos. Aunque se produzcan ligeras variaciones del color, como, por ejemplo, en los micelios blancos que adquieren un color marrón en el tiempo, esta técnica permite mantener un registro real de las cajas de Petri y su exhibición sin riesgos biológicos.

Figura 97. Nota. Adaptado de *MICROuniversos, exhibición en la Facultad de Bellas Artes de Universidad Complutense de Madrid EXPODOC 2022*, fotografía, abril 25 a 5 de mayo de 2022

Figura 98. Nota. Adaptado *de MICROuniversos detalle caja petri MICROuniversos Bogotá, exhibición en la Facultad de Bellas Artes de Universidad Complutense de Madrid EXPODOC 2022*, fotografía, abril 25 a 5 de mayo de 2022

Figura 99 a 104. *Nota.* Adaptado *de MICROuniversos detalle cajas petris MICROuniversos Bogotá, Bergen y Madrid, exhibición en la Facultad de Bellas Artes de Universidad Complutense de Madrid EXPODOC 2022,* fotografía, abril 25 a 5 de mayo de 2022

7.4. Conclusiones parte IV

Los tres proyectos presentados son la puesta en práctica de la investigación doctoral de esta tesis. Cada uno se configuró tomando insumos de sus contenidos, combinando conceptos, temáticas, medios y técnicas, que fueron acompañando al proceso artístico, la experimentación y la producción. El resultado es una serie de proyectos creativos que pueden ser replicados en varios contextos, encajando en procesos pedagógicos, artísticos, científicos y tecnológicos. La fácil réplica y bajo coste de los microscopios de cartón, por ejemplo, ha ayudado a plantear escenarios de creación colectiva desde la educación, la ciencia ciudadana y la investigación científica. Las obras artísticas son el resultado de procesos de apropiación de la tecnología y la biología como medio artístico.

Los contenidos de cada la obra se adaptaron a las condiciones especiales de pandemia, que obligaron a experimentar con otros medios y condiciones de creación que se incorporaron como parte del planteamiento teórico-práctico de la investigación. Por ejemplo, el cierre de BioCrea debido al confinamiento, fue el detonante que puso en marcha el diseño del Portablelab, usando herramientas y procedimientos explorados dentro del programa y dándoles continuidad desde otros procesos creativos como pasa en MICROuniversos. Las temáticas exploradas durante el estudio de referentes se ejecutaron en campo profundizándose en la comprensión de los conceptos a través de la gestión y desarrollo de actividades colectivas, con el apoyo de instituciones que permitieron su producción y desarrollo en un contexto específico. Los contenidos de la investigación se fueron adaptando a las condiciones y particularidades de cada lugar, explorando distintas técnicas y metodologías.

Gracias al sistema de taller-laboratorio de MICROmacro se validó el "microscopio de cartón" desde la práctica, una herramienta que permitió realizar procedimientos de microscopía a bajo costo tanto de forma lúdica como

en la investigación artístico-científica. Se partió del modelo desarrollado en BioCrea, mejorándose en cada actividad del proyecto, con el objetivo de emplear la fotografía del mundo microscópico como elemento estético y pedagógico, experimentando con varios tipos de lentes con alcances diferentes y continuando con la investigación del prototipado de este objeto con menos piezas y materiales, lo cual ha facilitado su réplica y distribución.

Como en el caso de los talleres del Real Jardín Botánico, el microscopio de cartón fue una herramienta pedagógica que permitió una exploración científica y pedagógica del entorno. El modelo de taller en familia facilitó la participación de menores de edad, cuyos acompañantes guiaban y eran parte de la actividad. Se pudo evidenciar la potestad del OScH para desarrollar experiencias artistico-cientificas para la participación ciudadana desde la lúdica, sin necesidad de costos instrumentos.

En el contexto del curso "Mar Menor Lab: Arte y ciencia para un paisaje en crisis", la misma herramienta fue igualmente ensamblada y usada, en este caso por un grupo de adultos, con el objetivo de explorar el Mar Menor desde lo microscópico. El laboratorio de una semana fue acompañado de talleres como: recorridos para colectar muestras con un acompañamiento científico; ejercicios de laboratorio de microscopía y análisis de las muestras; la realización de una pieza visual a partir de las fotografías tomadas por los asistentes de las muestras; desarrollo de software para visualizar y mezclar las imágenes. Estas actividades llevaron a un proceso creativo colaborativo y colectivo que desencadenó a una instalación artística que se mostraron en el contexto de Biosummit 3 en el MIT Media Lab, donde generó una serie de reflexiones sobre la importancia de la ciencia ciudadana y el OScH como herramienta de concientización siendo la problemática del Mar Menor un canon para reflexionar sobre el impacto del Antropoceno.

La hacktividad "en un futuro no muy lejano - confinamiento *hacker*" realizada junto con el equipo de Plataforma Bogotá, las temáticas y metodologías trabajadas fueron una apuesta institucional de generar contenidos por medio

de la creación colaborativa a distancia y descentralizada, donde cada participante desde su contexto pudiese reflexionar sobre la situación de confinamiento y la incertidumbre que se mantenía en ese momento sobre el avance del virus. Los participantes y mentores del laboratorio, desde sus casas y usando como herramienta internet, conformaron un espacio común de creación colectiva, en el que compartieron sus miedos, experiencias, expectativas y proyectos haciendo frente a las problemáticas que desencadenó la pandemia desde el arte y el diseño. MICROuniversos es el último de los proyectos que he desarrollado en la confluencia entre el proceso de investigación doctoral y la situación global sobrevenida a partir de la pandemia. tomando una base teórica y conceptual el trabajo iniciado como parte de las actividades de BioCrea con cultivos de microorganismos del aire, durante el confinamiento y los meses posteriores diódio continuidad al proceso investigativo a través de una serie de piezas artística multimediales desde un contexto artístico-científico. El portablelabEl Portablelab lleva el biolab a su mínima expresión, condensando en una maleta las herramientas esenciales para la experimentación con microbiología y microscopía, lo cual me permitió su traslado a tres ciudades para realizar experimentos visuales a partir de cultivos de microorganismos del aire.

En MICROuniversos Bogotá pude registrar estos cultivos con técnicas de macrofotografías, experimentando con distintos tipos de medio de cultivo con intenciones plásticas que me permitiesen resaltan las características físicas de las colonias de microorganismos, buscando generar una reflexión sobre las similitudes entre el universo macro y micro con las imágenes creadas. Estas fotografías hicieron parte de la exhibición on-line "a|cerca del origen". Además, el proceso de experimentación de la pieza queda recogido en la publicación "microscopia DIY" realizado en la guía LADA, en la que se explican este y otros experimentos para realizar microbiología desde el DIYbio y el OscH.

En MICROuniversos Bergen, mi laboratorio portátil se trasladó a un espacio doméstico y en confinamiento dando continuidad al proyecto mediante

experimentos de cultivo de microorganismos con procedimientos caseros y fotografía macro. De este proceso se realizaron vídeos del crecimiento y desarrollo las colonias microscópicas en formato *timelapses.* Además, en esta fase logré desarrollar una técnica para la conservación y clasificación de los medios de cultivo, que permitió su exhibición sin riesgos biológicos.

Las proyecciones en gran formato de los medios de cultivo realizadas en Bergen desencadenaron la idea final de MICROuniversos Madrid. Llevando la analogía visual entre el universo astronómico y el microscópico hasta el planetario planteando mediometraje documental en formato domo, que se produjo aplicando las técnicas DIYbio y las herramientas OscH desarrolladas a lo largo de la investigación incorporando técnicas de fotografía y vídeo de alta resolución.

8. Concusiones generales

Las cuatro partes que conforman de esta tesis, en su conjunto, otorga una gran variedad de recursos que se ponen al servicio del desarrollo de la producción artística. La compilando y revisión de autores, ejemplos, metodologías y herramientas posibilitan la profundización en el objeto de estudio, poniendo el foco en los procesos creativos y la producción en la intersección entre arte, ciencia y tecnología. Bajo este principio, el recorrido de la investigación ahonda en las formas de trabajo y producción, en los medios, las técnicas, los conceptos y los términos que conducen a resultados creativos en los proyectos artístico-científicos.

El contenido de esta investigación puede entenderse como una compilación de material de consulta que puede alimentar futuros procesos artístico-científicos experimentales dando continuidad a los iniciados en otros contextos, circunstancias y autores (BioCrea, 2020; Mestizo, 2020; Medialab Prado, 2020). Por ello, para facilitar la difusión de los aspectos que se han tratado, se incluirá parte del contenido de esta tesis en el capítulo "biomedia" del libro "Arte y Ciencia | Estética y Complejidad" que la editorial Suratómica en Colombia publicará a finales de 2022.

El propio proceso de investigación y los resultados parciales y productos que esta arrojaba, han sido divulgados y reconocidos con su inclusión en espacios de debate, en residencias de creación, exhibiciones o charlas, (MarMenorLab, 2019; Biosummit, 2019; Piksel, 2020; plataforma, 2020; Suratómica, 2020c; Museo Reina Sofia, 2021; Idartes, 2021). Así, se ha favorecido la transmisión del conocimiento y corroborado de manera práctica en contextos específicos, la validez de las herramientas estudiadas desde el punto de vista del, el *biohacking,* el OScH, el DIYbio, la ciencia ciudadana, entre otros. Cada

escenario se trató como un caso de estudio en el que ensayé modos de incorporar aspectos locales comunitarios y cotidianos a la investigación del panorama internacional del bioarte y los movimientos culturales, sociales y científicos asociados a la biología, la biotecnología y la investigación transdisciplinar.

La profundización en estos movimientos me facilitó el acceso al conocimiento científico y tecnológico, permitiéndome apropiar herramientas del código abierto y la ciencia ciudadana la investigación y el desarrollo de los proyectos transversales derivados de ella. Todos los productos generados se interconectan por los conceptos y metodologías del bioarte, el DIYbio y el *biohacking*. Por ejemplo, el microscopio de cartón o la incubadora Incubox, son modelos estudiados de manera teórica como herramientas OScH de código abierto asociados a procedimientos del movimiento *biohacker*, se han prototipado y modificado en BioCrea empleando conocimientos de código abierto, han sido usados para la ejecución de la obra artística en MICROmacro y MICROuniversos, y están listos ser replicados, alterados y mejorados por comunidades, instituciones y personas interesadas.

La biología de garaje, desde que llamase la atención de Carlson (2005), ha supuesto un cambio de paradigma tecnológico al poner al alcance de la ciudadanía la biotecnología y la biología, lo cual se refleja en las prácticas culturales, artísticas y científicas que se han expandido por todo el mundo. Durante las dos primeras décadas del siglo XXI (Lenford, 2010; Sawyer, 2011; Delfanti, 2013; Keulartz y Belt, 2016), son muchas las comunidades DIYbio y *biohacker* que han contribuido al avance de los modelos de biolabs, metodologías, contenidos, modelos, herramientas OscH, etc.

El biolab como espacio de trabajo de estas prácticas es de especial relevancia en esta la investigación, considerándose el lugar básico donde el proceso creativo acontece y se da el encuentro transdisciplinar a través de la

combinación de conceptos, medios, recursos y públicos. Por tanto, en la investigación experimental realizada se ha trabajado en la adaptación de tipologías y modelos alternativos de labs y *wetlabs opensorce,* primero para implementar un *bio*lab permanente en el MLP, BioCrea, y después para diseñar mi propio biolab personal portátil, el Portablelab.

Contar con un biolab resultó fundamental para el desarrollo de mis proyectos artísticos en cada lugar de trabajo según las posibilidades de estos. Esto permite incorporar el laboratorio científico al taller artístico, a los espacios de trabajo en centros culturales y científicos y a los laboratorios comunitarios. En el caso particular de Medialab Prado y el programa BioCrea el modelo de biolab ciudadano comunitario implementado es replicable, y puede ser adoptado en diferentes contextos, incluyendo el nuevo medialab municipal de Madrid, el Medialab Matadero (MLM) cuyas condiciones de espacio y organización, son distintas a las de su antecesor El modelo expuesto en esta tesis puede tomarse como referente para la réplica en el nuevo contexto y condiciones de Matadero Madrid y otros tipos de laboratorios ciudadanos, puede ser retomado por MLM en el momento en que se

Sin descartar que el programa en algún momento pueda ser retomado y que el modelo expuesto en esta tesis sea un referente para su réplica en el nuevo contexto y condiciones de Matadero Madrid y otros tipos de laboratorios ciudadanos.

Bibliografía

Anker, S., Lindee, S., Shanken, E. A., y Nelkin, D. (2008). Technogenesis: Aesthetic Dimensions of Art and Biotechnology. En B. A. Lustig, B. A. Brody, & G. P. McKenny (Eds.), Altering Nature (Vol. 97, pp. 275-321). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6921-5_6

Ars Electronica. (2019). "What does exploitation smell like?" Ars Electronica Blog. Recuperado 8 de juliot de 2021, de https://ars.electronica.art/aeblog/en/2019/07/16/labor_paul_vanouse/

Barone, T., Jr., Eisner, E. W., & Eisner, P. of E. and A. E. W. (2011). Arts Based Research. SAGE Publications. http://ebookcentral.proquest.com/lib/universidadcomplutense-ebooks/detail.action?docID=996367

Biodesign.cc. (2016). Camera Obscura et les artefacts de l'invisible. Biodesign for the Real World. Recuperado 7 de septiembre de 2021, de https://biodesign.cc/2016/06/29/camera-obscura-et-les-artefacts-de-linvisible/

BioCrea. (2019). BioCrea: Espacio Abierto de Biología Creativa. Medialab-Matadero Madrid. Recuperado 15 de mayo de 2022, de https://www.medialab-matadero.es/programas/biocrea-espacio-abierto-de-biologia-creativa

Biosummit 3. (2019). Hamilton Mestizo. Global Community Bio Summit. https://archive.biosummit.org/participants/2019/hamilton-mestizo

Bordignon, F. (2017). Laboratorios de innovación ciudadana, espacios para el hacer digital crítico. Virtualidad, Educación y Ciencia, 8(14),

165-181.
https://revistas.unc.edu.ar/index.php/vesc/article/view/17343

Cantera, A. (2018). Nidos de equilibrio. Ana Laura Cantera. Recuperado 21 de marzo de 2021, de https://analauracantera.wordpress.com/2018/01/31/nidos-de-equilibrio/

Caerols Mateo, R. C. (2018). LOS MEDIALAB: MEDIACIÓN SOCIAL EN LOS DIÁLOGOS ARTE, CIENCIA TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD: II Seminário Internacional de Pesquisa em Arte e Cultura Visua, 13.

Carlson, R. (2005). Splice It Yourself. Wired. Recuperado 21 de noviembre de 2021, de https://www.wired.com/2005/05/splice-it-yourself/

Catts, O., y Zurr, I. (2002). Growing Semi-Living Sculptures: The Tissue Culture & Art Project. Leonardo, 35, 365-370. https://doi.org/10.1162/002409402760181123

Catts, O., y Zurr, I. (2006). The Tissue Culture and Art Project: The Semi-Living as Agents of Irony. En S. Broadhurst & J. Machon (Eds.), Performance and Technology: Practices of Virtual Embodiment and Interactivity (pp. 153-168). Palgrave Macmillan UK. https://doi.org/10.1057/9780230288157_12

Catts, O., y Zurr, I. (2008) Semi-living Art. En *Tactical biopolitics: Art, activism, and technoscience* (pp. 231-247). Cambridge, Mass. : MIT Press.

Chardronnet, E. (2017). François-Joseph Lapointe dances with his microbiome. Makery. Recuperado 6 de julio de 2021, de https://www.makery.info/en/2017/09/18/francois-joseph-lapointe-fait-danser-son-microbiote/

Collins, A., Doersch, K., Herszenhorn, L., Johnson, R., Matson, C., y Young, A. (2015). Citizen Science Toolkit. Recuperado 17 de marzo de 2022, de https://www.calacademy.org/educators/citizen-science-toolkit

Costa, C. (s.f.). Sound Ecologies. On three Projects by Leslie Garcia – CLAUDIA COSTA PEDERSON – ART + New Media in Latin America. Recuperado 2 de julio de 2022, de https://mediaartlatinamerica.interartive.org/2016/12/biosound-leslie-garcia

Davis, J. (1996). Microvenus. Art Journal, 55(1), 70-74. https://doi.org/10.2307/777811

da Costa, B., & Shyu, S. (s. f.). Free Range Grain 2003-04. CAE, Beatriz da Costa, and Shyh-shiun Shyu. – Critical Art Ensemble. Recuperado 29 de mayo de 2022, de http://critical-art.net/free-range-grain-2003-04-cae-beatriz-da-costa-and-shyh-shiun-shyu/

de la Rosa, M. C., Mosso, M. A., y Ullán, C. (2002). El aire: Hábitat y medio de transmisión de microorganismos. Observatorio Medioambiental, 5, 375-402. https://revistas.ucm.es/index.php/OBMD/article/view/OBMD0202110375A

Debatty, R. (2015). Autophotosynthetic Plants, a hybrid organism powered by sewage. We Make Money Not Art. Recuperado 28 de noviembre de 2021, de https://we-make-money-not-art.com/plantas_autofotosinteticas/

Debatty, R. (2016). Bodily Matters: Human Biomatter in Art (part 5. Working with HeLa cells, microflora and other biomedical material). We Make Money Not Art. Recuperado 6 de julio de 2021, de https://we-make-money-not-art.com/bodily-matters-

human-biomatter-in-art-part-5-working-with-hela-cells-microflora-and-other-biomedical-material/

Delfanti, A. (2013). Biohackers. The politics of open science. Pluto Press. https://delfanti.org/biohackers/

Dewey-Hagborg, H. (2013). Stranger Visions: A Provocation. IEEE Security; Privacy, 11(6), 69-70. https://www.academia.edu/13255540/Stranger_Visions_A_Provocation

Dewey-Hagborg, H. (2019). Lovesick: The Transfection. Recuperado 14 de julio de 2021, de http://deweyhagborg.com/projects/lovesick-the-transfection

DITOs. (s. f.). European Citizen Science Project DITOs—Overview and background information. Recuperado 4 de diciembre de 2021, de http://www.togetherscience.eu/about

DIYbiophere. (2016). DIYbiosphere. Recuperado 4 de diciembre de 2021, de https://sphere.diybio.org/projects/diybiosphere/

Dumitriu, A. (2012). The Bacterial Sublime. Anna Dumitriu. Mutamorphosis Conference, Praga. Recuperado 14 de julio de 2021, de https://annadumitriu.co.uk/portfolio/the-bacterial-sublime/

Dumitriu, A. (2013). The Hypersymbiont Dress. Anna Dumitriu. Recuperado 8 de julio de 2021, de https://annadumitriu.co.uk/portfolio/the-hypersymbiont-dress/

Dumitriu, A. (2014). Romantic Disease Dress. Anna Dumitriu. Recuperado 8 de julio de 2021, de https://annadumitriu.co.uk/portfolio/the-romantic-disease-dress/

Dunne, A., & Raby, F. (2013). Speculative everything: Design, fiction, and social dreaming. The MIT Press.

Dusseiller, M. (s. f.). About « Hackteria. Recuperado 26 de mayo de 2021, de https://www.hackteria.org/about/

Du Vall, M., y Majorek, M. (2018). Media labs–creative cooperation and mutual learning: Case studies across Europe. SHS Web of Conferences, 48, 01044. https://doi.org/10.1051/shsconf/20184801044

European Commission. (2020). Doing It Together science (DITOs) | DITOs Project | Fact Sheet | H2020. CORDIS | European Commission. Recuperado 10 de diciembre de 2021, de https://cordis.europa.eu/project/id/709443

Felt, U., Fouché, R., Miller, C., y Smith-Doerr, L. (2017). The Handbook of Science and Technology Studies, Fourth Edition.

Garcia, M. (2018a). Los laboratorios ciudadanos en los sistemas de experimentación e innovación. En Abrir instituciones desde dentro. [Hacking inside Black book] (pp. 105-112). Recuperado 6 de dicimbre de 2021, de http://www.laaab.es/hackinginside/

Garcia, M. (2018b). Proyecto Medialab Prado 2018-2020. Recuperado 15 de diciembre de 2020, de https://www.madrid-destino.com/sites/default/files/2018-03/MediaLab_Marcos-Garcia_Proyecto-direccion-artistica.pdf

Gassert, G. (2007). Why I Breed Plants. Signs of Life, Bio Art and Beyond. ed. Eduardo Kac. Cambrige: The MIT Press, pp. 185-197

Gómez-Márquez, J. (2013). La Revolución de la Ingeniería Genética. Nova Acta Científica Compostelana, 20. https://revistas.usc.gal/index.php/nacc/article/view/1441

Gonzalo, L. (2002). Un «Media Lab» para Madrid. Recuperado 14 de julio de 2021, de https://www.elmundo.es/campus/2002/03/13/internet/CAM229931_1.html

GOSH. (s. f.). Why GOSH? Gathering for Open Science Hardware. Recuperado 2 de diciembre de 2021, de https://openhardware.science/about/why-gosh/

GOSH. (2017). Global Open Science Hardware Roadmap. Gathering for Open Science Hardware. Recuperado 15 de diciembre de 2020, de http://openhardware.science/global-open-science-hardware-roadmap/

Guerrero, R., Margulis, L., y Berlanga, M. (2013). Symbiogenesis: The holobiont as a unit of evolution. International microbiology : the official journal of the Spanish Society for Microbiology, 16, 133-143. https://doi.org/10.2436/20.1501.01.188

Hackteria. (2018). DIY microscopy—Hackteria Wiki. Recuperado 5 de mayo de 2020, de https://hackteria.org/wiki/DIY_microscopy

Hackteria. (2020). DIY Incubator—Hackteria Wiki. Recuperado 17 de marzo de 2022, de https://hackteria.org/wiki/DIY_Incubator

Hauser, J. (2005). Bio Art—Taxonomy of an Etymological Monster. Hybrid: Living in Paradox, 182-193. Recuperado 10 de junio de 2021, de https://www.academia.edu/38053813/Bio_Art_Taxonomy_of_an_Etymological_Monster

Hauser, J. (2008). Observations on an Art of Growing Interest. En Tactical biopolitics: Art, activism, and technoscience (pp. 82-103). Cambridge, Mass: MIT Press.

Hauser, J. (2015). Chatarra dura, política suave y máquinas mojadas. Cultivos, 323-347. Recuperado 28 de noviembre de 2021, de https://www.academia.edu/38065836/Chatarra_dura_pol%C3%ADtica_suave_y_m%C3%A1quinas_mojadas

Horton, K., y Payne, A. (2018). Imagination wove this flesh garment: Fashion, critique and capitalism. En Undesign: Critical Practices at the Intersection of Art and Design (pp. 186-197). https://doi.org/10.4324/9781315526379-16

Ibercivis. (s. f.). Sobre la fundación Ibercivis. Fundación Ibercivis. Recuperado 4 de diciembre de 2021, de https://ibercivis.es/sobre-la-fundacion-ibercivis/

Idartes. (s.f.).Arte, Ciencia y Tecnología – Instituto Distrital de las Artes. Recuperado 2 de junio de 2022, de http://www.idartes.gov.co/es/lineas-estrategicas/arte-ciencia-tecnologia

Idartes. (2018). [Festival] Festival Domo Lleno 2018 Idartes. Recuperado 2 de junio de 2022, de http://www.idartes.gov.co/es/agenda/festival/festival-domo-lleno-2018

Idartes. (2021). [Noticias] Festival Domo Lleno, videoarte experimental | Idartes. Recuperado 10 de mayo de 2022, de http://www.idartes.gov.co/es/noticias/festival-domo-lleno-videoarte-experimental

Intef. (s. f.). Proyecto—La Aventura de Aprender. Recuperado 18 de diciembre de 2021, de http://laaventuradeaprender.intef.es/proyecto

Jarvis, C. (s. f.). In Posse. Charlotte Jarvis. Recuperado 15 de julio de 2021, de https://cjarvis.com/in-posse/

Kac, E. (2000). GFP BUNNY. Recuperado 9 de noviembre de 2021, de http://www.ekac.org/gfpbunny.html#gfpbunnyanchor

Keulartz, J., y Belt, H. (2016). DIY-Bio – economic, epistemological and ethical implications and ambivalences. Life Sciences, Society and Policy, 12. https://doi.org/10.1186/s40504-016-0039-1

Kluszczyński, R. W. (2012). Crude Life: The Tissue Culture & Art Project / Oron Catts + Ionat Zurr. Recuperado 17 de noviembre de 2021, de https://www.academia.edu/10242519/Crude_Life_The_Tissue_Culture_and_Art_Project_Oron_Catts_Ionat_Zurr

Ledford, H. (2010). Garage biotech: Life hackers. Nature, 467(7316), 650-652. https://doi.org/10.1038/467650a

Ledford, H., y Callaway, E. (2020). Pioneers of revolutionary CRISPR gene editing win chemistry Nobel. Nature, 586(7829), 346-347. https://doi.org/10.1038/d41586-020-02765-9

Lee, S. (2019). Why «biofabrication» is the next industrial revolution. Recuperado 16 de julio de 2021, de https://www.ted.com/talks/suzanne_lee_why_biofabrication_is_the_next_industrial_revolution

Lee, S., Congdon, A., Parker, G., y Borst, C. (2021). Understanding «Bio» Material Innovations Report_©Biofabricate and Fashion for Good 2021.pdf | Powered by Box. Recuperado 26 de noviembre de 2021, de https://app.box.com/s/amjq9anszv8hvwdexoxg6wubes4aaxqa

Lobato, J. (2017). Pulcher Aureus Filum. Recuperado 19 de julio de 2021, de http://www.jaimelobato.com/en/work/installation/pulcher-aureus-filum/?fbclid=IwAR3xg4nhMEltynYh_G_Al6X4WxFLLbbYzH5vbERFFAOv3AO507bQy0wlCxo

Logan, B. E., Hamelers, B., Rozendal, R., Schröder, U., Keller, J., Freguia, S., Aelterman, P., Verstraete, W., y Rabaey, K. (2006). Microbial Fuel Cells: Methodology and Technology. Environmental Science & Technology, 40(17), 5181-5192. https://doi.org/10.1021/es0605016

López del Rincón, D. (2014). Bioarte. Contextualización histórico-artística de las relaciones entre arte, biología y tecnología [Tesis de doctorado, Universitat de Barcelona]. En TDX (Tesis Doctorals en Xarxa). http://www.tdx.cat/handle/10803/146173

López del Rincón, D. (2016). Arte, biología y tecnología. Relaciones interdisciplinares en el laboratorio científico. Arte, Individuo y Sociedad, 28(2), 235-275. http://www.tdx.cat/handle/10803/146173

Lorenzo, V. (2017). Dossier Camera Obscura and the Artefacts of the Invisible. Recuperado 8 de julio de 2021, de https://www.academia.edu/34391938/Dossier_Camera_Obscura_and_the_Artefacts_of_the_Invisible

Lorenzo, V. (2016). Biofilia Urbana. Recuperado 17 de julio de 2021, de https://vlorenzolana.myportfolio.com/biofilia-urbana

Margulis, L. (2002). Planeta simbiótico. Debate Editorial.

MarMenorLab. (2019). Mar Menor Lab 2019 – Reset: Mar Menor Recuperado 10 de mayo de 2022, de. http://www.marmenorlab.org/portfolio/mar-menor-lab-2019/

Martínez-Fernández, J., y Casalduero, F. (2020). El colapso del Mar Menor. Mètode Popular Science Journal, 3.

Martínez-Fernández, J., Esteve-Selma, M. A., y Guaita García, N. (2018). La crisis eutrófica del Mar Menor. Situación y propuestas (pp. 130-136). Fundación Nueva Cultura el Agua.

Mateo, R., y Escribano, B. (2019). MediaLab Madrid 2002-2006. Cultura participativa y activismo social en Madrid. Artnodes, 111-120. https://doi.org/10.7238/a.v0i24.3273

Medialab Madrid. (s. f.). Medialab Madrid—Qué es. Recuperado 14 de junio de 2021, de http://www.medialabmadrid.org/medialab/quees.php

Medialab Madrid. (2006). INTERACTIVOS? MediaLab Madrid. Recuperado 16 de diciembre de 2020, de https://vimeo.com/9162839

Medialab Prado. (s. f.). CICIlab. Recuperado 18 de diciembre de 2020, de https://www.medialab-prado.es/mas-informacion/195

Medialab Prado. (2009a). INTERACTIVOS?'09: Ciencia de garaje. Medialab-Prado Madrid. Recuperado 16 de diciembre de 2020, de https://www.medialab-prado.es/actividades/taller-seminario-interactivos09-ciencia-de-garaje

Medialab Prado. (2009b). INTERACTIVOS?'09: Ciencia de garaje—Muestra de proyectos. Medialab-Matadero Madrid. Recuperado 8 de

diciembre de 2021, de https://www.medialab-matadero.es/actividades/interactivos09-ciencia-de-garaje-muestra-de-proyectos

Medialab Prado. (2010a). Taller Interactivos?'10: Ciencia de barrio. Medialab-Matadero Madrid. Recuperado 8 de diciembre de 2021, de https://www.medialab-matadero.es/actividades/taller-interactivos10-ciencia-de-barrio

Medialab Prado. (2010b). Interactivos?'10: Projects Showcase. Medialab-Prado Madrid. Recuperado 9 de diciembre de 2021, de https://www.medialab-matadero.es/en/activities/interactivos10-projects-showcase

Medialab Prado. (2016). Interactivos?'16: Mundos posibles. Recuperado 17 de diciembre de 2020, de https://www.medialab-prado.es/programas/interactivos16-mundos-posibles

Medialab Prado. (2019). Experimentación y cultivo de Kombucha con la artista Rae Yuping Hsu. Medialab-Matadero Madrid. https://www.medialab-matadero.es/actividades/experimentacion-y-cultivo-de-kombucha-con-la-artista-rae-yuping-hsu

Medialab Prado. (2020). Laboratorios ciudadanos. Una aproximación a medialab Prado. https://www.medialab-matadero.es/noticias/medialab-lanza-una-publicacion-que-muestra-el-potencial-de-los-laboratorios-ciudadanos

Mestizo, H. (2011). ¿De dónde vienen esas máquinas? Revista Errata, 3, 173-177. https://revistaerrata.gov.co/edicion/errata3-cultura-digital-y-creacion

Meyer, M. (2014). Hacking life? The politics and poetics of DIY biology. Meta-Life. Biotechnologies, Synthetic Biology, Life and the Arts,

Leonardo, MIT Press. https://hal-agroparistech.archives-ouvertes.fr/hal-01024889

Miller, A. (2014). Colliding Worlds – How Cutting-Edge Science is Redefining Contemporary Art. W. W. Norton and Company. https://www.collidingworlds.org/

Mestizo, H. (2017). Ciencia a la mano 2017. Biolab: Escuelas de creación. Recuperado 25 de mayo de 2021, de https://biolabescueladecreacion.wordpress.com/2017/04/04/ciencia-a-la-mano-2017/

Mestizo, H. (2018). Diálogos entre el Arte, la Tecnología y la Ciencia desde la cultura libre en el siglo XXI en Latinoamérica y España [Trabajo Fin de Máster, Universidad Complutense de Madrid]

Mestizo, H. (2020). CÓMO HACER microscopía DIYbio. Recuperado 17 de diciembre de 2021, de http://laaventuradeaprender.intef.es/documents/10184/130986/37_peticiondise%C3%B1o_RED_LADA_C%C3%B3mo+hacer+una+Miocroscop%C3%ADa+DIY.pdf

Mitchell, R. E. (2010). Bioart and the Vitality of Media. University of Washington Press. http://ebookcentral.proquest.com/lib/universidadcomplutense-ebooks/detail.action?docID=4306010

Mossalim, J. (2020). François-Joseph Lapointe, when biology meets art. Convergence. Recuperado 6 de diciembre de 2021, de https://www.convergenceinitiative.org/post/françois-joseph-lapointe-when-biology-meets-art

Munguía, G. (2015). Habitáculos orgánicos. Gabriela Munguía. Recuperado 8 de julio de 2021, de https://www.gabrielamunguia.com/artes/habitaculos-organicos/

Museo Reina Sofia. (2021). Conversaciones con alienígenas. Diálogos entre ciencia y arte contemporáneo. Recuperado 10 de junio de 2021, de https://www.amigosmuseoreinasofia.org/actividades_ficha.php?idActividades=647

Myers, W. (2018). Biodesign Nature Science Creativity (3.ª ed.). Thames & Hudson Ltd.

Ohlenschläger, K. (2007). Memoria de las actividades de MediaLab Madrid. Recuperado 25 de noviembre de 2021, de https://www.medialab-matadero.es/sites/default/files/import/ftp_medialab/16/16682/16682_10.pdf

OpenLab Madrid. (2017). PRESENTACIÓN MEETUP OPEN LAB MADRID DIYBIO. Recuperado 17 de enero de 2021, de https://www.youtube.com/watch?v=hyL3Y6wA98A&t=2136s

OpenLab Madrid. (2018). *OpenLab Madrid* | *Facebook* [Red social]. Facebook. https://www.facebook.com/OpenLabMadrid/

Organización Mundial de la Salud. (2005). Manual de bioseguridad en el laboratorio, 3ª ed.

Park, S. (2013). Simon Park. Med in Art. Recuperado 4 de enero de 2022, de https://medinart.eu/works/simon-park/

Piksel. (2014). About « PIKSEL. Recuperado 21 de diciembre de 2021, de https://piksel.no/about

Piksel. (2020). Fest2020 « PIKSEL. Recuperado 21 de diciembre de 2021, de https://piksel.no/2020

Plataforma Bogotá. (2020). Hacktividad. Confinamiento Hacker. Recuperado 12 de diciembre de 2021, de https://www.idartes.gov.co/sites/default/files/noticia_documentos/Invitacio%CC%81n%20Pu%CC%81blica_HACKTIVIDAD%20%20%20%23confinamientohacker%20%281%29.pdf

Rangel, G. (2015). From Corgis to Corn: A Brief Look at the Long History of GMO Technology. Science in the News. Recuperado 12 de noviembre de 2021, de https://sitn.hms.harvard.edu/flash/2015/from-corgis-to-corn-a-brief-look-at-the-long-history-of-gmo-technology/

Ricaurte, P., y Brussa, V. (2017). Laboratorios ciudadanos, laboratorios comunes: Repertorios para pensar la universidad y las Humanidades Digitales Liinc em Revista, 13(1), Article 1. https://doi.org/10.18617/liinc.v13i1.3758

Rich, B. (2015). Open Source Estrogen. Recuperado 17 de diciembre de 2021, de http://www.byronrich.com

Rich, B. (2017). M-Ark I (Microbiome Ark). Recuperado 17 de marzo de 2022, de http://www.byronrich.com/M-Ark-I-Microbiome-Ark-2017

Rinaldo, K. (2017). Borderless Bacteria / Colonialist Cash. Recuperado 8 de julio de 2021, de https://www.kenrinaldo.com/portfolio/borderless-bacteria-colonialist-cash/

Rigobertino, A. (2019, agosto 20). ReGROW. Thr34d5. https://thr34d5.org/2019/08/20/regrow/

Roosegaarde, D. (s. f.). Glowing Nature | Studio Roosegaarde. Recuperado 8 de julio de 2021, de https://www.studioroosegaarde.net/project/glowing-nature

Sawyer, E. (2011). The Promises, Demands, and Risks of Garage Biology. Recuperado 11 de noviembre de 2021, de https://www.nature.com/scitable/blog/bio2.0/the_promises_demands_and_risks/

Šebjanič, R. (2020). Aqua_forensic | Underwater Interception of *Biotweaking in **Aquatocene. Recuperado 8 de julio de 2021, de https://robertina.net/aqua_forensic/

Semi-living Art. (2008). En Tactical biopolitics: Art, activism, and technoscience (pp. 231-247). Cambridge, Mass. : MIT Press.

Shyu, S., y da Costa, B. (2004). Free Range Grain 2003-04. Recuperado 12 de noviembre de 2021, de http://critical-art.net/free-range-grain-2003-04-cae-beatriz-da-costa-and-shyh-shiun-shyu/

Stubrin, L. (2021). Bioarte: Poéticas de lo viviente. 1ª ed . - Santa Fe : Ediciones UNL. https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar/handle/11185/5820

Suratómica. (2020a). Memorias Festival Suratómica. Suratómica. Recuperado 17 de diciembre de 2021, de https://www.suratomica.com/memorias1festivalsuratomica

Suratómica. (2020b). Exposición A|Cerca del Origen. Suratómica. Recuperado 17 de diciembre de 2021, de https://www.suratomica.com/exposicionacercadelorigen

Suratómica. (2020c). MICROuniversos, Hamilton Mestizo. Suratómica. Recuperado 17 de diciembre de 2021, de https://www.suratomica.com/MICROuniversos

Svoboda, C. (2020). Thr34d5: Open source design for an inclusive society. Makery. Recuperado 19 de julio de 2021, de https://www.makery.info/en/2020/01/20/thr34d5-le-design-et-lopen-source-comme-vecteurs-dinclusion/

Tornero Lorenzo, P., Benavides Téllez, L., Hernández-Navarro, M. Á., y Munárriz Ortiz, J. (2012). Tecnologías de la creatividad: Conexiones entre arte y ciencia en la contemporaneidad [Tesis de Doctorado, Universidad Complutense de Madrid]. https://eprints.ucm.es/id/eprint/20637/

Torres, S. T. (2015). El siglo de oro de la Genética. Revista Eubacteria, 34, 8.

Turnbaugh, P. J., Ley, R. E., Hamady, M., Fraser-Liggett, C. M., Knight, R., & Gordon, J. I. (2007). The Human Microbiome Project. Nature, 449(7164), 804-810. https://doi.org/10.1038/nature06244

Valladares, M. E. C. (2016). Los laboratorios ciudadanos. Un estudio de caso: El Medialab-Prado y su impacto en el ámbito local [Trabajo Fin de Master, Universitat Oberta de Catalunya]. http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/61345/6/ecriadovTFM0716memoria.pdf

Vanouse, P. (2019). Labor. Recuperado 2 de diciembre de 2021, de https://www.paulvanouse.com/labor.html

Vicente-Saez, R., Gustafsson, R., y Van den Brande, L. (2020). The dawn of an open exploration era: Emergent principles and

practices of open science and innovation of university research teams in a digital world. Technological Forecasting and Social Change, 156, 120037. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120037

Wang, Q., Coemans, S., Siegesmund, R., & Hannes, K. (2017). Arts-based Methods in Socially Engaged Research Practice: A Classification Framework. Art/research international, 2, 5-39. https://doi.org/10.18432/R26G8P

Watson, J. D., y Crick, F. H. C. (1953). Molecular Structure of Nucleic Acids: A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid. Nature, 171(4356), 737-738. https://doi.org/10.1038/171737a0

Wilkinson, D. (2001). At cross purposes. Nature, 412(485). https://doi.org/10.1038/35087676

Yetisen, A. K., Davis, J., Coskun, A. F., Church, G. M., y Yun, S. H. (2015). Bioart. Trends in Biotechnology, 33(12), 724-734. https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2015.09.011

Yoshinok. (s. f.). ¡Cómo Convertir Tu Smartphone En Un Microscopio Digital Por Menos De $10! Instructables. Recuperado 25 de mayo de 2021, de https://www.instructables.com/-10-Smartphone-a-la-conversión-microscopio-digital/

Zárate, F. de. (2019). Hay varias comunidades de 'biohackers' en España y tú sin enterarte. EL PAÍS RETINA. Recuperado 18 de enero de 2021, de https://retina.elpais.com/retina/2019/01/11/tendencias/1547215250_119647.html